	RELATÓRIO		Nº: RL-ANP-FPL-004						
	CLIENTE: ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS			FOLHA: 1 de 43					
	PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS			-					
	TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos- Resultado Consolidado			-					
<p align="center">Faculdades Católicas – PUC-Rio – SIMDUT</p>									
<p align="center">ÍNDICE DE REVISÕES</p>									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0 A	EMISSÃO ORIGINAL ATENDENDO A COMENTÁRIOS DA ANP								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	06/05/2013	21/05/2013							
PROJETO	ANP	ANP							
EXECUÇÃO	LPires	LPires							
VERIFICAÇÃO	CVB	MVC							
APROVAÇÃO	PKrause	PKrause							
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA ANP, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

-

-

ÍNDICE

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2	OBJETIVO	3
2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE CAPACIDADE DE GASODUTOS	3
3	DEFINIÇÕES LEGAIS DE CAPACIDADE.	5
4	CONSIDERAÇÕES PARA A MODELAGEM DO CÁLCULO DE CAPACIDADE	6
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
4.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PONTOS DE RECEBIMENTO (PTRS)	7
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS (EDGS)	8
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TRECHOS PARALELOS (LOOPS)	8
4.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PONTOS DE ENTREGA (PTES)	9
4.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTAÇÕES DE COMPRESSÃO	9
4.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTAÇÕES DE REGULAÇÃO	9
4.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE O REGIME DE CÁLCULO DE CAPACIDADE	10
5	CONCEITO CONSOLIDADO PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE	12
5.1	CAPACIDADE DE TRANSPORTE	12
5.2	CAPACIDADE CONTRATADA DE TRANSPORTE	13
5.3	CAPACIDADE DISPONÍVEL	14
5.4	CAPACIDADE OCIOSA	14
6	APLICAÇÃO DO CONCEITO CONSOLIDADO DE CÁLCULO DE CAPACIDADE	16
6.1	EXEMPLO 1	16
6.2	EXEMPLO 2	20
6.3	EXEMPLO 3	22
6.4	EXEMPLO 4	26
6.5	EXEMPLO 5	30
6.6	EXEMPLO 6	34
6.7	EXEMPLO 7	37
6.8	EXEMPLO 8	38
7	INDICADORES DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE DISPONÍVEL	41
8	PRÓXIMAS ATIVIDADES.	43



1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com o inciso XXVII do Art. 8º da Lei nº 9.478/97, incluído pelo Art. 58 da Lei nº 11.909/09, é uma das atribuições da ANP o estabelecimento dos critérios para a aferição da capacidade dos gasodutos de transporte e de transferência.

A fim de cumprir com esta atribuição, a ANP contratou o serviço de consultoria da PUC-Rio, com o propósito de definir princípios e abordagens para a realização do cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, assim como o estabelecimento dos critérios para a sua aferição, tendo como referência as definições legais de capacidade introduzidas pelo Decreto nº. 7.382/2010 ("Decreto"), que regulamenta a Lei nº 11.909/2009 ("Lei do Gás").

Com base nestes princípios deverá ser definido um procedimento de cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, levando em conta se os mesmos se encontram interconectados a uma rede de transporte ou isolados, observando os detalhes específicos para o desenvolvimento de modelos computacionais de simulação termo-hidráulica de uma rede de gasodutos.

Deverão, ainda, ser caracterizadas as informações condicionantes mínimas necessárias para o cálculo de capacidade de transporte de gasodutos, que devem ser divulgadas junto com os valores da capacidade, de forma a garantir sua validação e reprodução por qualquer interessado.

Além disso, o projeto prevê o desenvolvimento dos modelos computacionais dos gasodutos de transporte nacionais em operação, por meio de simulação computacional, utilizando-se o programa PipelineStudio.

2 OBJETIVO

Conforme estabelecido no Plano de Trabalho (RL-ANP-FPL-001, rev. A), o primeiro objetivo do projeto consiste na "Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos", a ser apresentado em duas etapas, conforme segue:

2.1 Caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos

A caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos deve ser formulada de modo a atender às determinações do Decreto, que regulamenta Lei do Gás, estabelecendo as definições de Capacidade de Transporte, Capacidade Disponível e Capacidade Ociosa. Em especial, deve ser considerado o art. 72 do Decreto, que trata da atribuição da ANP em editar normas que caracterizem a ampliação de capacidade de gasodutos de transporte, bem como o

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 4 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado-
-

art. 15 e o parágrafo primeiro do art. 48, que tratam da troca operacional de gás natural (swap) como forma de acesso a terceiros.

O procedimento proposto para o cálculo de capacidade de transporte deve abranger os diferentes cenários de oferta, demanda e operacionais a serem identificados como relevantes para a determinação das vazões para o cálculo da capacidade máxima de transporte do gasoduto, assim como para o cálculo da capacidade disponível que pode ser oferecida pelo transportador de maneira firme, levando em conta a integridade do sistema e as condições operacionais da rede de transporte.

É importante destacar, que o conceito de capacidade deve levar em conta premissas básicas para o seu cálculo, considerando tanto aspectos técnico-operacionais quanto contratuais/comerciais.

2.1.1 Fundamentação Teórica para o Cálculo de Capacidade

A fundamentação teórica para o cálculo das capacidades de gasodutos (transporte, disponível e ociosa) foi desenvolvida pelo SIMDUT/PUC-Rio e avaliada pela ANP.

Foi realizada uma análise da experiência nacional e internacional no cálculo da capacidade, em especial de países como Argentina, Alemanha, Espanha, Bélgica, Portugal, Reino Unido e Índia.

A proposição do conceito inicial de capacidade para o caso brasileiro foi elaborada pelo SIMDUT/PUC-Rio considerando, em um primeiro momento, um gasoduto de transporte que não se encontra interconectado a uma rede de transporte. A aplicabilidade desta conceituação foi verificada por meio de um estudo de caso, definido entre as partes.

Em 27/02/2013 foi realizado um Workshop na ANP para apresentação ao mercado da fundamentação teórica para o cálculo das capacidades de gasodutos até então desenvolvida.

2.1.2 Conceito Final de Cálculo de Capacidade

O conceito inicial terá sua aplicabilidade verificada para o caso de gasodutos interconectados em rede. Além disso, a ANP irá convidar outros interessados, como o Ministério de Minas e Energia e demais interessados do mercado de gás natural (transportadores, carregadores, etc), para uma discussão mais ampla dos conceitos consolidados na fase anterior. A partir daí, o SIMDUT/PUC-Rio consolidará o conceito final de capacidade, detalhando todas as limitações e pressupostos considerados a partir da análise do caso real brasileiro, para a aprovação da ANP.

Neste documento são apresentados os resultados relativos ao item 2.2.



3 DEFINIÇÕES LEGAIS DE CAPACIDADE.

A caracterização dos conceitos de capacidade de gasodutos deverá ser formulada de modo a atender às determinações do Decreto nº. 7382 de 02/12/2010, que regulamenta a Lei 11909/09 (Lei do Gás), estabelecendo os princípios para o seu cálculo.

Na Lei do Gás e na sua regulamentação são estabelecidas as definições de:

- Capacidade Contratada de Transporte: volume diário de gás natural que o transportador é obrigado a movimentar para o carregador, nos termos do respectivo contrato de transporte;
- Capacidade de Transporte: volume máximo diário de gás natural que o transportador pode movimentar em um determinado gasoduto de transporte;
- Capacidade Disponível: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte que não tenha sido objeto de contratação sob a modalidade firme;
- Capacidade Ociosa: parcela da capacidade de movimentação do gasoduto de transporte contratada que, temporariamente, não esteja sendo utilizada;

Além disso, devem ser consideradas outras definições vigentes, como as estabelecidas por meio da Resolução ANP nº 27/2005: destacadas abaixo:

- Capacidade Contratada de Entrega: capacidade diária de retirada de gás natural em determinado Ponto de Entrega a qual o Transportador se obriga a disponibilizar para o Carregador, conforme o respectivo contrato de transporte;
- Capacidade Não Utilizada de Transporte: diferença entre a Capacidade Máxima de Transporte e o volume diário de gás natural programado para o Serviço de Transporte Firme;
- Capacidade Ociosa de Transporte: diferença entre a soma das Capacidades Contratadas de Transporte para Serviço de Transporte Firme e o volume diário de gás natural programado para o Serviço de Transporte Firme.

Além dos termos definidos anteriormente, deve-se considerar:

- **Pressão mínima/máxima contratada:** limites acordados no contrato de serviço de transporte
- **Pressão mínima/máxima de operacional:** limites definidos em documentos de projeto, devendo ser considerado o mais recente (fluxograma de engenharia, memorial descritivo, relatório de simulação termohidráulica, etc) ou, na ausência destes, no contrato de serviço de transporte



- **Vazão mínima/máxima contratada:** limites acordados no contrato de serviço de transporte
- **Vazão mínima/máxima operacional:** limites definidos em documentos de projeto, devendo ser considerado o mais recente (fluxograma de engenharia, memorial descritivo, relatório de simulação termohidráulica, etc) ou, na ausência destes, no contrato de serviço de transporte
- **Pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto:** limite estabelecido no memorial descritivo do projeto do gasoduto.
- **Pontos notáveis:** pontos de entrega, pontos de interconexão com outros gasodutos, etc.

4 CONSIDERAÇÕES PARA A MODELAGEM DO CÁLCULO DE CAPACIDADE

4.1 Considerações Gerais

Apesar de a legislação definir os vários conceitos de capacidade, essa não estabelece os procedimentos técnicos necessários para o seu cálculo. Em relação à legislação, as definições de capacidade são utilizadas, principalmente para orientar a celebração dos contratos de serviço de transporte e tornar possível o acesso de terceiros à infraestrutura existente. Assim, deve haver um compromisso entre a viabilidade técnica para o cálculo de capacidade e a obrigação da lei.

A preocupação do legislador brasileiro ao estabelecer as definições de capacidade está relacionada à otimização do uso da infraestrutura de transporte e à promoção do livre acesso à mesma. E este acesso deve se dar por contratação de serviço de transporte, utilizando primeiramente a capacidade disponível (serviços de transporte firme e extraordinário), até que esta esteja completamente contratada. Assim, identifica-se um relacionamento entre valores otimizados técnicos, ligados ao escoamento do gás no gasoduto, e comerciais, definidos pelas condições contratuais.

Porém, em termos práticos, a oferta de serviços de transporte para contratação (a oferta de contratação de capacidade), só tem sentido se for indicado onde esta capacidade **estará** disponível. Desta forma, considerando que esta quantidade adicional de gás a mais que sairá nesse ponto deve entrar no sistema por um ou mais pontos de recebimento, a capacidade disponível relevante para divulgação e oferta deve ser definida, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação a cada uma das seções do(s) gasoduto(s) formadas entre



cada ponto de recebimento (PTR) no qual está sendo ofertada a quantidade adicional e um ponto de entrega (PTE), no qual se deseja retirar esta quantidade adicional¹.

Cabe destacar que a seção acima citada pode estar contida em um ou mais de um gasoduto².

Com relação à evolução da rede de gasodutos de transporte ao longo do tempo (considerando todas as possibilidades de inclusão de pontos de recebimento e de entrega, assim como de ampliação da capacidade dos gasodutos), para fins de simplicidade e facilidade de aplicação da metodologia proposta, o seu escopo deve considerar um ponto de corte, uma vez que existem dificuldades para prever todas as combinações prováveis de localização de novos PTRs e novos PTEs. Assim, Nos casos em que haja interesse de terceiros em acessar capacidade de transporte com injeções e retirada de gás natural em ponto(s) de recebimento e ponto(s) de entrega não previstos, ou, ainda, caso o referido interesse seja o da retirada de um montante de capacidade superior à capacidade de projeto de ponto(s) de entrega existentes, a condição de escoamento do gás natural decorrente da configuração física do gasoduto será diferente da situação atual. Nestes casos, essa avaliação deverá ser efetuada pelo transportador após a provocação do interessado.

Por fim, os conceitos de cálculo de capacidade desenvolvidos podem ser aplicados tanto para um segmento de um gasoduto ou um gasoduto isolado, quanto para gasodutos (ou segmentos) ligados em rede. Para simplificar o cálculo, sempre que possível, a rede poderá ser modelada de forma simplificada. Essa segmentação da rede deve seguir a lógica de que os resultados obtidos para qualquer ponto com o modelo da rede integral serão os mesmos que os obtidos com a rede segmentada. Deve-se ressaltar que o escopo do atual relatório não é o estudo das técnicas de segmentação de redes de gasodutos.

Nos itens a seguir são apresentadas considerações sobre equipamentos e regime de escoamento de gás que serão utilizados na conceituação do cálculo de capacidade.

4.2 Considerações sobre os Pontos de Recebimento (PTRs)

De acordo com o Decreto nº 7.382/2010, Ponto de Recebimento significa “ponto nos gasodutos de transporte no qual o gás natural é entregue ao transportador pelo carregador ou a quem este venha a indicar, nos termos da regulação da ANP”. Estes pontos podem receber o gás de outros gasodutos de transporte, de uma unidade de processamento/tratamento de gás

¹ De forma geral, o interesse de terceiros em relação à capacidade de transporte pode se dar em uma ou mais seções delimitadas por dois pontos quaisquer, podendo, inclusive, haver o interesse na injeção de gás natural (recebimento do gás pelo transportador) em uma localização do gasoduto em que não exista correntemente um ponto de recebimento, e/ou na saída de gás natural (entrega do gás pelo transportador) em uma localização onde não haja correntemente um ponto de entrega.

² Nos casos em que há interesse de contratar o transporte de gás natural em uma seção compreendida entre dois gasodutos de transporte que são operados por dois transportadores distintos, cada transportador deve ofertar o serviço de transporte referente ao seu respectivo gasoduto, de forma que o carregador deve celebrar dois contratos de transporte distintos.



natural (UPGN), de um terminal de gás natural liquefeito (GNL) ou, ainda, de instalações de estocagem.

Nos casos em que há a interconexão entre dois gasodutos de transportadores distintos e que não exista injeção de nova quantidade de gás natural no sistema nesse ponto, e sim a movimentação de um volume de gás de um gasoduto para o outro, é prevista a existência de equipamentos (por exemplo: estações de medição). Os limites de projeto de pressão e vazão existentes desses equipamentos devem ser considerados nos modelos de cálculo de capacidade. Além disso, por se tratar de uma fronteira entre dois transportadores, os limites de pressão e vazão dos acordos de interconexão entre as partes também devem ser observados durante o procedimento de delimitação do modelo termo-hidráulico que contenha a(s) seção(ões) em estudo.

Os demais pontos de recebimento também possuem limites de projeto de pressão e vazão. A pressão máxima é limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto, mas o limite de vazão está relacionado aos equipamentos do PTR (válvulas de controle, sistema de medição, etc). Contudo, novos carregadores não utilizarão os mesmos equipamentos dedicados aos carregadores já estabelecidos, e sim equipamentos especificamente encarregados de medir e controlar o recebimento de seu gás pelo transportador. Logo, com relação a esses PTRs, o limite de vazão não deve ser aplicado, considerando-se somente o limite de PMOA nos modelos de cálculo de capacidade.

Cabe ressaltar o caso particular de um PTR que supre simultaneamente dois ou mais gasodutos. Para estes casos, o limite de vazão também não deve ser aplicado considerando-se somente o limite de PMOA nos modelos de cálculo de capacidade.

4.3 Considerações sobre as Estações de Distribuição de Gás (EDGs)

As estações de distribuição de gás interligam gasodutos de um mesmo transportador. Assim, se não existirem equipamentos com restrições operacionais nessas estações, nenhuma consideração adicional deve ser introduzida nos modelos de cálculo, além das provenientes das equações de conservação de massa, quantidade de movimento e energia em junções de mais de dois elementos. Caso contrário, os limites operacionais devem ser considerados.

4.4 Considerações sobre os Trechos Paralelos (*loops*)

Os dutos paralelos a trechos de gasodutos, quando não tiverem pontos de recebimento, não podem ser isolados do restante da rede. A declaração de capacidade de transporte, contratada, disponível ou ociosa para esse trecho paralelo de forma isolada, não tem função dentro da metodologia apresentada. Porém, os valores de vazão nessas trechos podem ser importantes para a realização dos contratos de transporte.



4.5 Considerações sobre os Pontos de Entrega (PTEs)

Os equipamentos instalados nos pontos de entrega trabalham com as restrições impostas pelos limites de projeto de pressão e vazão máximos. De forma geral, a pressão mínima de saída dos PTEs está ligada a limites contratuais. Como esses pontos são sempre do transportador, os limites de projeto e contratuais devem ser observados.

4.6 Considerações sobre Estações de Compressão

Estações de compressão introduzem energia ao sistema de transporte, repondo parte da energia dissipada pelo atrito e dissipação viscosa. O acréscimo de energia é observado pela elevação da pressão na descarga dos compressores em relação a sua sucção. Estações de Compressão devem ser dimensionadas considerando os cenários de crescimento da capacidade de movimentação diária para atendimento da demanda ao longo de todo o ciclo de vida do gasoduto. A ampliação de estações de compressão existentes ou a instalação de novas estações de compressão em um gasoduto são alternativas utilizadas para aumentar a capacidade de transporte de um gasoduto. A operação dos equipamentos de uma estação de compressão se dá em função de limites de segurança, que por sua vez estão relacionados com o limite de descarga (head), a velocidade de rotação e pela vazão. Elas devem operar com a pressão de descarga ajustada de forma a otimizar a capacidade de transporte. Para tal, sempre que possível, a pressão máxima de descarga deve estar limitada a PMOA do duto, observando os limites de projeto de pressões de sucção e descarga e de potência das estações de compressão.

As estações de compressão são compostas por um conjunto “acionador” – “compressor”. O equipamento “acionador”, tipicamente um motor ou uma turbina, pode utilizar como combustível o próprio gás natural movimentado no gasoduto. Neste caso, o gás consumido pelos sistemas de compressão deverá ser avaliado segundo as condições operacionais e as curvas características dos equipamentos (compressores e acionadores) e inserido no modelo como locais onde o gás sai do sistema de transporte. Esses locais devem ser criados na sucção das estações de compressão.

4.7 Considerações sobre Estações de Regulação

As redes de gasodutos podem ter instalações destinadas a regulação de pressão e de vazão. Estações de regulação de pressão são estações que têm a finalidade de reduzir a pressão do gás de um trecho do gasoduto para outro de menor PMOA. Para o cálculo de capacidade, esses elementos devem ter a pressão ajustada para a PMOA do trecho a jusante



da estação de regulação. Os limites de vazão máxima desses equipamentos devem ser incluídos no modelo de simulação.

No caso onde a regulação é de vazão, esse limite deve ser utilizado como condição de contorno no modelo de simulação.

4.8 Considerações sobre o Regime de Cálculo de Capacidade

Em gasodutos operando em condições reais, as vazões demandadas nos PTEs podem ser fortemente influenciadas pelo tipo da demanda, por exemplo, residencial, industrial ou de geração termo-elétrica. Para cada caso, podem-se observar variações de consumo dentro de um período de 24h, numa jornada semanal (com consumo nos fins de semana bem diferenciados) ou sazonais. As projeções dos carregadores e transportadores devem se basear tanto na programação de movimentação associada a seus contratos de serviço de transporte firme, quanto na observação do histórico dos valores programados e realizados.

Quanto aos perfis de consumo, três consumidores típicos podem ser analisados:

- a) Consumidor residencial;
- b) Consumidor industrial,e
- c) Geração Termoelétrica.

O consumidor residencial apresenta perfis de consumo com variações características semanais e sazonais, em função dos períodos de inverno e verão. Assim, para PTEs cuja demanda é baseada nesse tipo de consumo, projeções semanais poderiam ser utilizadas.

Para o consumidor industrial deve-se atentar para o tipo de indústria, que pode ter um consumo constante, independente do dia da semana, ou variável, em função da redução da atividade nos fins de semana. Além disso, o perfil da indústria pode ser influenciado por questões sazonais ou mesmo pela conjuntura econômica do país. Assim, para cada PTE, cuja principal demanda é industrial, uma análise caso a caso deve ser realizada para definir tecnicamente qual o prazo projetado ideal.

As usinas de geração térmica são grandes consumidores, e o seu padrão de operação influencia grandemente a condição operacional de outros PTEs, e como consequência, a capacidade ociosa desses pontos. No Brasil, a demanda termoelétrica esta fortemente associada ao regime de chuvas e ao nível dos reservatórios das hidroelétricas. Dessa forma, o despacho das termoelétricas é fortemente influenciado por essa sazonalidade, e as projeções podem ser para um dia (caso os reservatórios estejam com níveis baixos) ou até para meses.

Assim, os gasodutos dificilmente operam em regime permanente, situação na qual, por definição, todas as variáveis do processo, para um determinado local, não variam com o tempo. Logo, o que se verifica na prática é que os gasodutos estão sempre operando em regime transiente.



O procedimento de cálculo apresentado parte da premissa na qual os valores de capacidade contratada devem ser inseridos em cada PTE. Assim, deve-se observar como estão descritos nos contratos esses valores, se é um valor constante diário, ou se esse valor é variável num determinado período. No primeiro caso, os valores definidos nos contratos podem ser utilizados diretamente no procedimento apresentado. Porém, no segundo caso devem ser analisadas duas situações distintas de cálculo:

- Realizar um cálculo em regime permanente, onde os valores contratados serão tratados como um valor médio (e constante) avaliado num determinado período, em função das características de consumo do PTE;
- Realizar um cálculo em regime transiente inserindo exatamente o perfil variável de vazão contratada existente de cada PTE.

Diversos trabalhos na bibliografia aberta³ indicam que o cálculo pela vazão média pode produzir resultados não conservativos. Isso é, apesar do cálculo realizado com os valores médios contratados indicar que todos os pontos podem ser atendidos, sem violar condições contratuais, quando o cálculo é realizado com os perfis de demanda reais, picos de consumo simultâneos podem levar a situações que violem condições contratuais. Logo, apesar dos cálculos em regime transiente serem mais demorados e mais complexos de se realizar, eles apresentam resultados mais precisos. Assim, sempre que os contratos apresentarem perfis de capacidade contratada variável, o cálculo deve ser realizado em regime transiente considerando essas características do contrato.

Essa situação é diferente do caso onde o valor de capacidade contratada num PTE é constante, mas que a demanda real do PTE se apresenta variável. Nesse caso, é de responsabilidade do transportador operar a rede de gasodutos de forma a compensar essas variações e garantir as condições constantes contratadas.

Em relação a esse ponto, duas situações operacionais devem ser destacadas:

- Mudança das condições operacionais devido ao *ramp-up* do gasoduto;
- Condições operacionais de contingência e operações especiais.

Durante o projeto do gasoduto podem ser previstas fases operacionais em que a movimentação é gradualmente elevada. Isso normalmente é possível devido a entrada em operação de novas estações de compressão. Neste caso, apesar das vazões contratadas nos PTEs poderem ser diferentes de um instante de tempo para outro (antes e após a entrada em operação de uma nova estação, por exemplo), as condições físicas das instalações também são diferentes. Desta forma, o *ramp-up* caracteriza duas situações distintas no tempo e, em cada uma, as situações previstas anteriormente podem acontecer.

³ Sidney Pereira dos Santos, *Transient Analysis a Must in Gas Pipeline Design*, PSIG Annual Meeting, October 15-17, 1997, PSIG9703

Oscar G. Alvarez, Hugo A. Carranza, Fernando J. Pillon, *Nominal Gas Pipeline Transmission Capacity. A procedure to Define Nominal Capacity*, PSIG Annual Meeting, 2006, PSIG0609



Por fim, deve-se diferenciar as condições operacionais normais das condições de contingência ou das operações especiais. O procedimento proposto de cálculo de capacidade considera a rede de gasodutos operando sem imprevistos. Assim, a queda de um compressor ou outra situação que comprometa momentaneamente a capacidade de transporte não está contemplada diretamente no procedimento. Esses eventos, que tem frequências variáveis de transportador para transportador, devem ser acomodados na folga operacional, ou estoque estratégico do operador, tema que será tratado em relatório posterior.

5 CONCEITO CONSOLIDADO PARA O CÁLCULO DE CAPACIDADE

Inicialmente, toda seção associada a um gasoduto ou rede de gasodutos em estudo deve ser delimitada considerando todas as instalações compreendidas entre os pontos nos quais se deseja introduzir (pontos de recebimento) e retirar (pontos de entrega) uma capacidade de gás natural em estudo. A referida seção deve ser, então, configurada em um programa de simulação apropriado para tal, gerando o modelo numérico de simulação. Nesse modelo também estarão definidas as características do gás e as equações que governam o escoamento.

O conceito consolidado para aplicação dos diversos conceitos de capacidade está estabelecido abaixo. Deve-se ressaltar mais uma vez, que a folga operacional dos transportadores, ou estoque estratégico, ainda que não considerada explicitamente, deverá ser considerada na definição dos limites utilizados no cálculo de capacidade. Esse ponto será tema de relatório específico.

5.1 Capacidade de Transporte

A Capacidade de Transporte entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser calculada seguindo os itens abaixo:

- a. Nos pontos de recebimento que delimitam a seção em análise, as condições de pressão deverão ser ajustadas pela Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA) do(s) trecho(s) do(s) gasoduto(s).
- b. No caso de ramais que atendam pontos de entrega e que tenham estações redutoras de pressão (ERP), a pressão máxima da ERP deverá ser igual à pressão máxima de operação admissível (PMOA) do ramal.
- c. Em relação aos pontos de entrega (PTEs) contidos na seção em análise, deverão ser ajustadas as vazões contratuais máximas de cada PTE, que não podem ser superiores a vazão máxima de projeto de cada PTE.
- d. Através do modelo de cálculo desenvolvido, a vazão do PTE em análise deverá ser elevada acima da vazão contratual máxima já ajustada, até que algum limite operacional ou contratual de algum equipamento do trecho em análise seja



atingido. As vazões dos demais PTEs devem ser mantidas nos valores já ajustados.

- e. Nesse processo, as estações de compressão contidas na seção em análise deverão ter as pressões de descarga dos equipamentos ajustadas de forma a maximizar a vazão em cada PTE estudado, limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto na qual a estação de compressão está instalada. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- f. A vazão final do PTE em estudo será a **Capacidade de Transporte** dessa seção em análise para o PTE. Deve-se ressaltar que como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

5.2 Capacidade Contratada de Transporte

A Capacidade de Contratada de Transporte entre um ponto de recebimento e um ponto de entrega deverá ser calculada seguindo os itens abaixo:

- a. Nos pontos de recebimento que delimitam a seção em análise, as condições de pressão deverão ser ajustadas pela Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA) do(s) trecho(s) do(s) gasoduto(s).
- b. No caso de ramais que atendam pontos de entrega e que tenham estações redutoras de pressão (ERP), a pressão máxima da ERP deverá ser igual à pressão máxima de operação admissível (PMOA) do ramal.
- c. Em relação aos pontos de entrega (PTEs) contidos na seção em análise, deverão ser ajustadas as vazões contratuais máximas de cada PTE, que não podem ser superiores a vazão máxima de projeto do PTE.
- d. Nesse processo, as estações de compressão contidas na seção em análise deverão ter as pressões de descarga dos equipamentos ajustadas de forma a atender as condições contratadas dos PTEs, minimizando a potência requerida. A pressão de descarga está limitada pela pressão máxima operacional admissível (PMOA) do gasoduto na qual a estação de compressão está instalada. Deverão ser observados os limites de pressão mínima de sucção e de potência máxima.
- e. Deverá ser realizado o cálculo com essa situação, identificando as pressões resultantes nos pontos de entrega. Esses valores não poderão ser inferiores a nenhum valor de pressão mínima contratada para cada ponto. A vazão final de cada PTE será a **Capacidade Contratada de Transporte** da seção em análise



para cada PTE. A variação da pressão ao longo dos gasodutos e seu valor em pontos notáveis (PTEs e pontos de conexão com outros gasodutos, por exemplo) representa a condição operacional do duto. Deve-se ressaltar que como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

5.3 Capacidade Disponível

A Capacidade Disponível, por definição da Lei, é a diferença entre a capacidade de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 5.1) e a capacidade contratada de transporte (obtida pelo procedimento descrito no item 5.2). Porém, como dito anteriormente, disponibilizar uma capacidade para ser ofertada, só tem sentido se for indicado onde esta capacidade estará disponível e onde o gás deverá entrar no sistema. Logo, a capacidade disponível será definida pelo procedimento atual, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação à seção(ões) contida(s) em um ou mais gasodutos, compreendendo ponto(s) de recebimento e ponto(s) de entrega existentes.

Deve-se observar que se os contratos existentes apresentarem variações do valor contratado na base firme, em função de sazonalidades, a Capacidade Disponível também refletirá essa variação, e como consequência poderão existir valores diferentes de capacidade disponível, dependendo do período analisado. Além disso, como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

5.4 Capacidade Ociosa

A Capacidade Ociosa, por definição legal é a parcela da Capacidade Contratada que, temporariamente, não esteja sendo utilizada. Dessa forma, para a definição da Capacidade Ociosa é necessária a definição do que significa “não **esteja sendo** utilizada”. O que não está sendo utilizado é facilmente calculado pela observação do que foi programado e realizado no passado. Porém, para que a Capacidade Ociosa possa ser efetivamente utilizada, ela deve ser calculada para uma condição futura, de forma que possa ser divulgada e ofertada com uma antecedência suficiente para a realização da contratação.

Dessa forma, duas condições podem ser postuladas para definir as condições futuras:

- Utilização dos valores definidos na programação diária;
- Utilização de valores definidos através de uma previsão para vários dias.

A utilização dos valores definidos na programação diária para cada PTE pode ser encarada como uma grande certeza do que deve ocorrer no futuro, uma vez que ela deve ser definida

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 15 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

-

-

com um dia de antecedência. E ao realizar a diferença entre o valor contratado e o programado diário, obtém-se o que não será utilizado (conforme definido na Lei do Gás) para o próximo dia, o que deixa somente um dia para a divulgação, oferta e contratação da Capacidade Ociosa. Assim, para que se disponha de prazos maiores será necessário projetar o que não seria utilizado no futuro em um horizonte mais dilatado.

Para que a operação do sistema de transporte de gás natural possa ser realizada de forma segura e eficiente, ela deve ser baseada num compromisso entre os carregadores e transportadores em relação aos volumes movimentados, segundo os contratos existentes. Assim, os carregadores devem realizar uma requisição contendo a previsão dos volumes diários de gás a serem recebidos nos pontos de recebimento e os volumes que serão entregues nos pontos de entrega num período de tempo, com uma determinada antecedência. Essas requisições devem ser consolidadas pelo transportador que gerará uma programação de transporte para esse período. Ao se realizar a diferença entre os valores de capacidade contratados e os valores programados, obtém-se a Capacidade Ociosa para o período programado para cada PTE e cada PTR.

Os critérios técnicos que os carregadores utilizariam para realizar suas previsões poderiam ser baseados nas demandas dos clientes, nas previsões dos volumes de gás produzido/adquirido e em outros parâmetros, como o histórico de consumo e oferta de períodos semelhantes. Mesmo considerando as diversas abordagens técnicas do como realizar essa previsão, essa produziria uma projeção do que não **estaria sendo** utilizado durante o tempo considerado e, conseqüentemente, com uma incerteza associada devido às características dinâmicas do transporte.

Em comparação com a condição anterior (condição “a”), tem-se a vantagem de prazos maiores e uma desvantagem produzida pela incerteza decorrente da projeção.

Cabe à ANP estabelecer critérios relativos ao período a que se refere a Capacidade Ociosa ofertada, à antecedência com que a oferta deve ser realizada, bem como à(s) forma(s) para sua contração.

Cabe ressaltar, da mesma forma adotada para o cálculo da capacidade disponível, que a capacidade ociosa será definida pelo procedimento atual, não em relação ao gasoduto como um todo, mas sim em relação à seção(ões) contida(s) em um ou mais gasodutos, compreendendo ponto(s) de recebimento e ponto(s) de entrega existentes.

Deve-se ressaltar que como esse cálculo é baseado na configuração física da rede de gasodutos e nos contratos existentes, qualquer mudança física ou nos contratos deverá gerar um novo cálculo.

Além disso, como esse é um serviço de transporte interruptível, a Capacidade Ociosa calculada poderá não se realizar integralmente caso as solicitações de transporte firme sejam superiores às programações previstas.

6 APLICAÇÃO DO CONCEITO CONSOLIDADO DE CÁLCULO DE CAPACIDADE

6.1 Exemplo 1

Para gasodutos interligados em uma rede, o procedimento adotado deve observar as características específicas da rede. Apesar desse procedimento poder ser aplicado em redes complexas, sempre que possível, a rede poderá ser simplificada para facilitar a análise dos resultados. A segmentação da rede deve seguir a lógica de que os resultados obtidos para qualquer ponto com o modelo da rede integral serão os mesmos que os obtidos com a rede segmentada. Apesar do escopo do atual relatório não ser a segmentação da rede, esse Exemplo 1 apresenta a aplicação do procedimento de cálculo de capacidade em uma rede integrada e posteriormente segmentada.

Tomando como exemplo a configuração da rede nordeste setentrional da TAG (Transportadora Associada de Gás) apresentado na Figura 1, pode-se observar a complexidade dessa parte limitada do sistema. Olhando com mais detalhes o trecho mais ao norte, será feito um estudo para verificar se é possível analisar uma parte da rede sem comprometer o resultado em relação a uma análise integrada.



Figura 1: Trecho Setentrional da rede de gasodutos da TAG

Esse trecho será simplificado por um modelo de simulação que considera 3 pontos de recebimento, 3 pontos de entrega e um trecho de duto paralelo (*loop*), conforme apresentado na Figura 3. Nesse diagrama deve-se utilizar a legenda apresentada na Figura 2:



Figura 2: Legenda dos diagramas

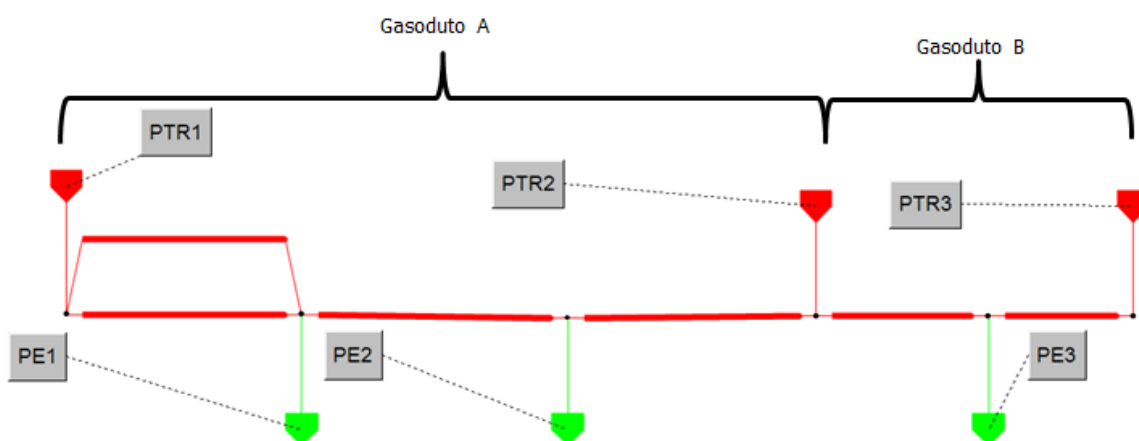


Figura 3: Modelo simplificado de parte de rede de gasodutos formada pela “malha setentrional” operada pela TAG/Transpetro

Nesse modelo, o PTR1 poderia representar o recebimento de GNL em Pecem, o PTR2 poderia representar o recebimento de gás em Guimarães. O trecho entre esses dois PTRs foi denominando Gasoduto A(em analogia ao GASFOR) e o trecho entre o PTR2 e o PTR3 foi denominado Gasoduto B (parte do Nordeste) e o PTR3 o gás que chegaria ao Gasoduto B proveniente dos PTRs mais ao sul. Todos os pontos de entrega existentes foram simplificados nos três apresentados no diagrama. Os compressores existentes não foram incluídos por questão de simplicidade para a análise desse caso específico.

Complementando as características do modelo, foi considerado que a PMOA de todo o sistema é de 100kgf/cm² e que os PTEs tem as características apresentadas na Tabela 1 :



Tabela 1: Características dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)
PE1	50	8,0	6,0
PE2	50	8,0	8,0
PE3	50	8,0	8,0

Para o cálculo das capacidades segundo a metodologia proposta, deve-se seguir os seguintes passos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas no PTRs;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição. O resultado está apresentado na Figura 4 ;

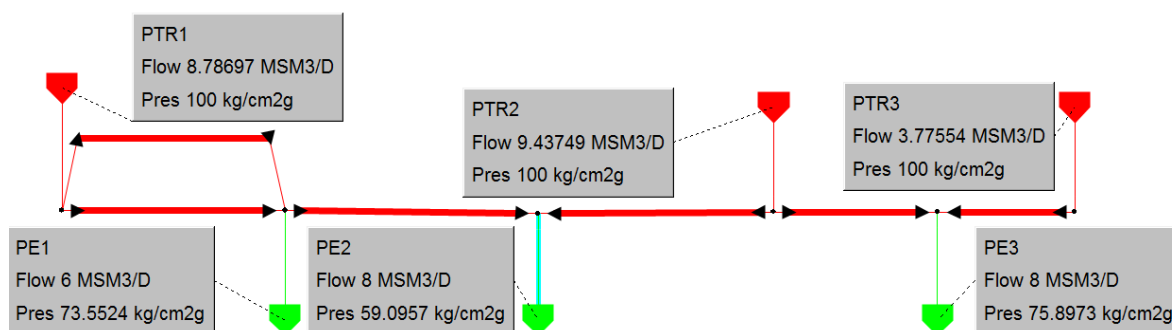


Figura 4: Resultado do cálculo de capacidade contratada nos PTEs

- Passo 3) Eleva-se a vazão do PE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 5;

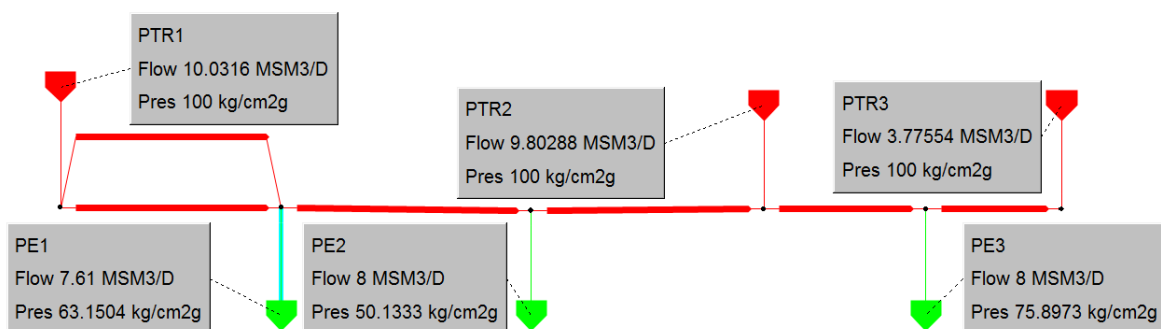


Figura 5: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 19 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

-

-

- Passo 4) Eleva-se a vazão do PE2 até atingir a vazão limite de projeto. Nesse caso isso não é possível, pois tanto o PE2 quanto o PE3 já tem a vazão contratada igual a vazão limite de projeto desses PTEs;
- Passo 5) Constroi-se a Tabela 2 e Tabela 3 apresentando os valores de capacidade dos diversos PEs de cada gasoduto.

Tabela 2: Capacidade dos PTEs do Gasoduto A

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	50	8,0	6,0	7,6	1,6
PE2	50	8,0	8,0	8,0	0,0

* A elevação de vazão é suprida tanto pelo PTR1 quanto pelo PTR2.

** Valores calculados de forma não cumulativa

Tabela 3: Capacidade dos PTEs do Gasoduto B

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE3	50	8,0	8,0	8,0	0,0

** Valores calculados de forma não cumulativa

Ao comparar a Figura 4 com a Figura 5 observa-se que a elevação da vazão no PE1 não alterou as características operacionais do PE3. Isso ocorre porque o PTR2, ao trabalhar com limite de pressão de máxima impede que o gás proveniente do PTR1 atenda o PE3 e que o gás proveniente do PTR3 atenda os PE1 e PE2. Logo a rede poderia ser segmentada no PTR2 e os resultados dos dois novos modelos apresentariam os mesmos resultados anteriores. Como exemplo, a Figura 6 apresenta o modelo da rede segmentada, com o valor de vazão do PE1 elevado ao valor máximo. Verifica-se que os valores de vazão e pressão ao longo do duto são os mesmos apresentados na Figura 4.

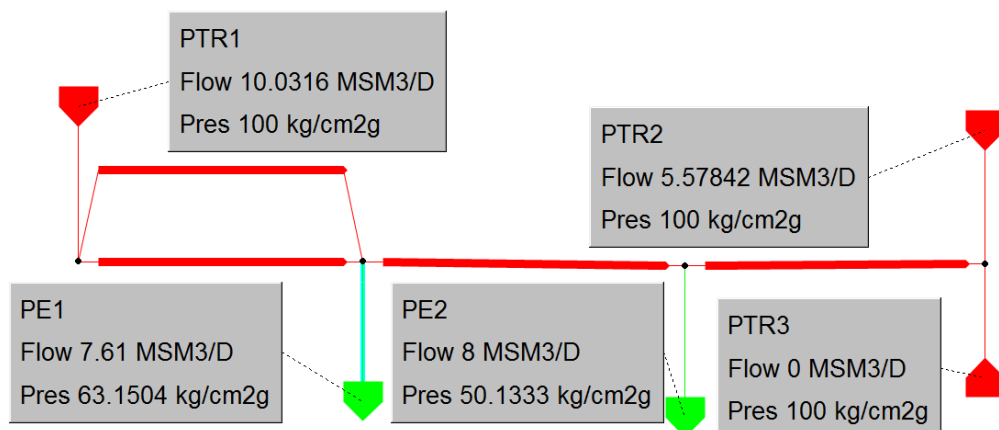


Figura 6: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1 com a rede segmentada

6.2 Exemplo 2

Esse exemplo tem a finalidade de analisar a influência de um trecho de duto paralelo, e de como os resultados devem ser apresentados. Para esse estudo considera-se o modelo apresentado na Figura 7, sendo que a PMOA de todo o sistema é de 100kgf/cm² e que os PTEs tem as características apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Características dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)
PE1	50	8,0	6,0
PE2	50	8,0	8,0
PE3	50	8,0	6,0

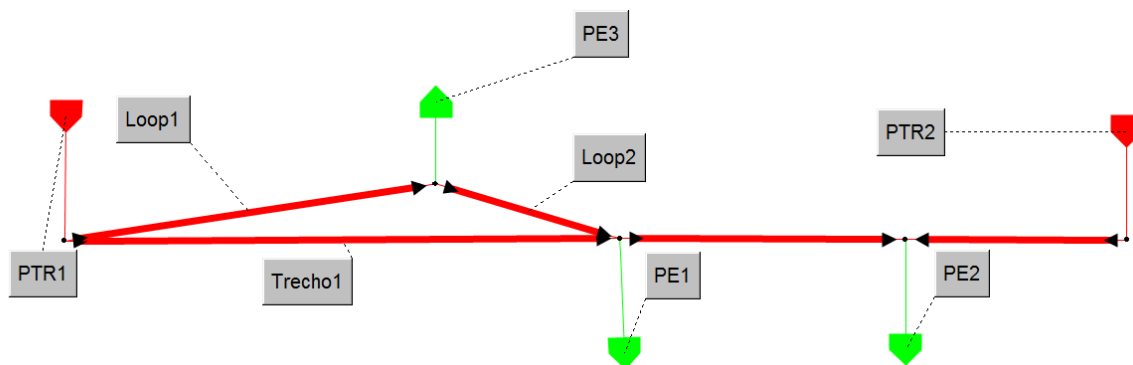


Figura 7: Modelo para o estudo de trecho em paralelo



Para o cálculo das capacidades segundo a metodologia proposta, deve-se seguir os seguintes passos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas no PTRs;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição. O resultado está apresentado na Figura 8.

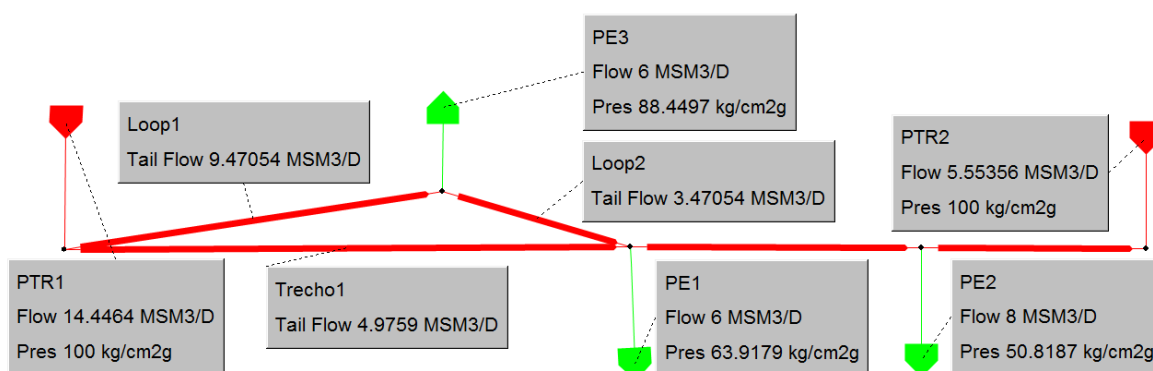


Figura 8: Resultado da capacidade contratada

- Passo 3) Eleva-se a vazão do PE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 9;

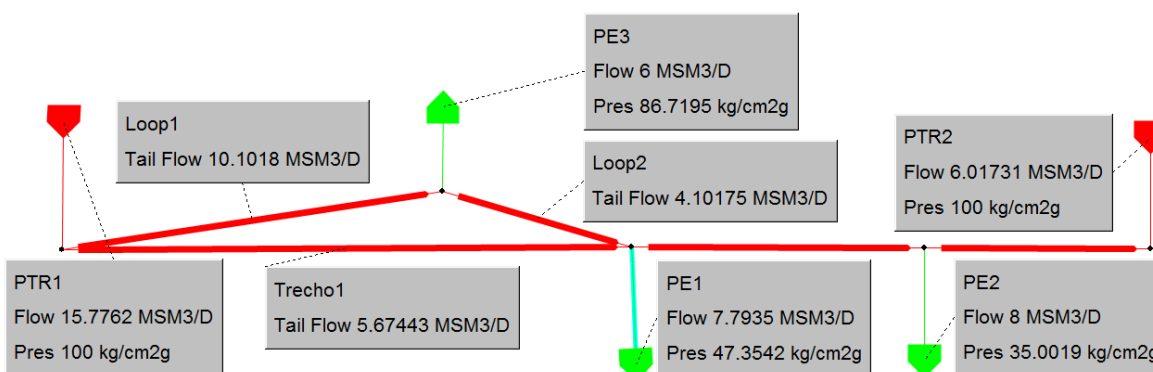


Figura 9: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1

- Passo 4) Eleva-se a vazão do PE2 até atingir a vazão limite de projeto. Nesse caso isso não é possível, pois o PE2 já tem a vazão contratada igual a vazão limite de projeto desse PTE;
- Passo 5) Eleva-se a vazão do PE3 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 10;

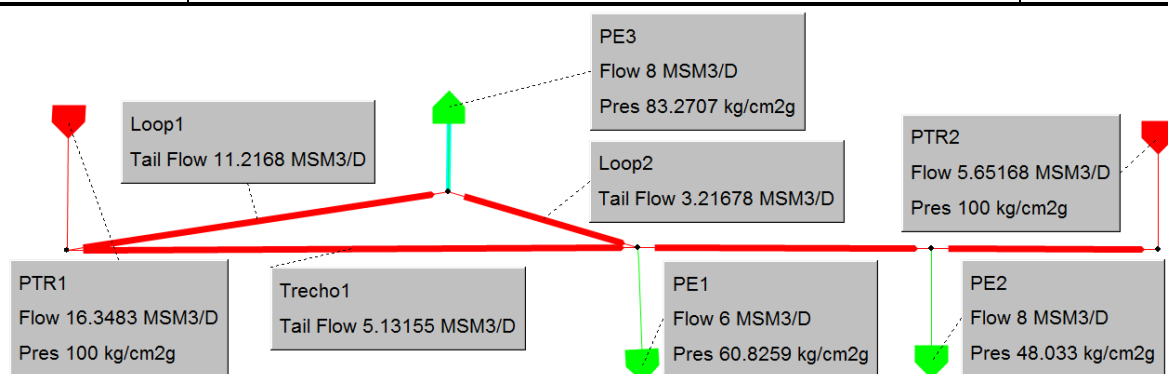
**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 22 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

Figura 10: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE3

- Passo 6) Constroi-se a Tabela 5 apresentando os valores de capacidade dos diversos PTEs.

Tabela 5: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	50	8,0	6,0	7,7935*	1,7935
PE2	50	8,0	8,0	8,0	0,0
PE3	50	8,0	6,0	8,0	2,0

* A elevação de vazão é suprida tanto pelo PTR1 quanto pelo PTR2.

** Valores calculados de forma não cumulativa

Observa-se que ao comparar a Figura 9 e a Figura 10 com a Figura 8 ao alterar a vazão do PE1 as condições operacionais de pressão do PE3 são alteradas e vice-versa. Assim, o cálculo sempre deverá ser realizado com a rede integrada. Além disso, para a construção da Tabela 5, as vazões que ocorrem no Trecho1 não são pertinentes. Dessa forma, um número global isolado de qualquer capacidade para o Trecho1 ou para o Loop1 ou Loop2 não tem significado.

6.3 Exemplo 3

A finalidade desse exemplo é apresentar uma rede mais complexa, com a presença de estações de redução de pressão e estação de compressão. Para o caso atual, as condições nos PTEs estão apresentadas na Tabela 6.



Tabela 6: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)
PE1	35	3,0	2,0
PE2	35	3,0	2,0
PE3	35	8,0	6,0
PE4	35	3,0	2,0

A configuração dos gasodutos está apresentada na Figura 11, sendo que no trecho entre o PTR1 e o compressor, a PMOA do duto é 65kgf/cm². Nos demais trechos a PMOA é 100kgf/cm². Para o cálculo da Capacidade de Transporte no PE1, executam-se os seguintes passos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas no PTRs;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição. O resultado está apresentado na Figura 11. Deve-se reparar que a pressão de descarga do compressor foi ajustada de forma a atender a pressão mínima do PE3. Além disso, a estação de redução de pressão encontra-se regulando.
- Passo 3) Eleva-se a vazão do PE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 12. Observa-se que a alteração de vazão do PE1 alterou a condição operacional do PE4, que está localizado no trecho a montante da controladora;

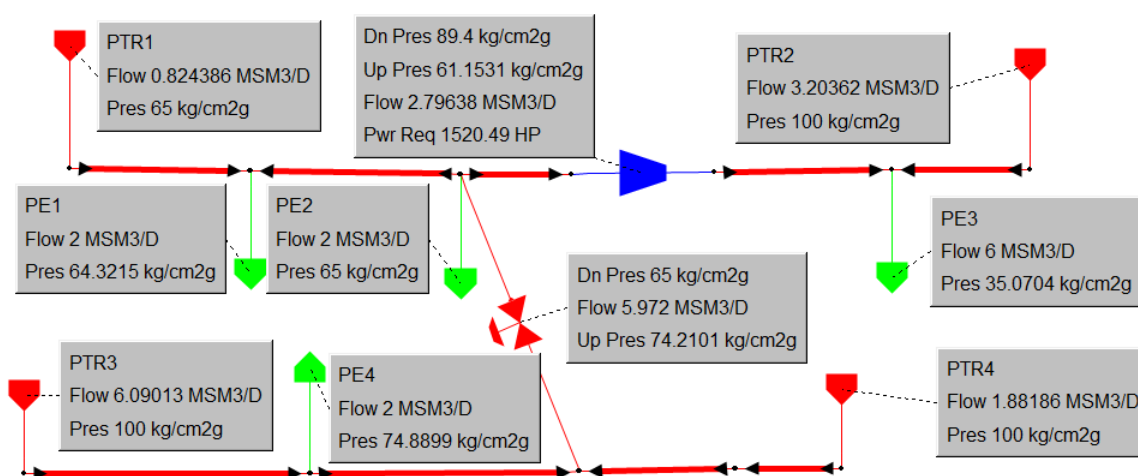


Figura 11: Resultado do cálculo de capacidade de contratada



RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 24 de 43

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

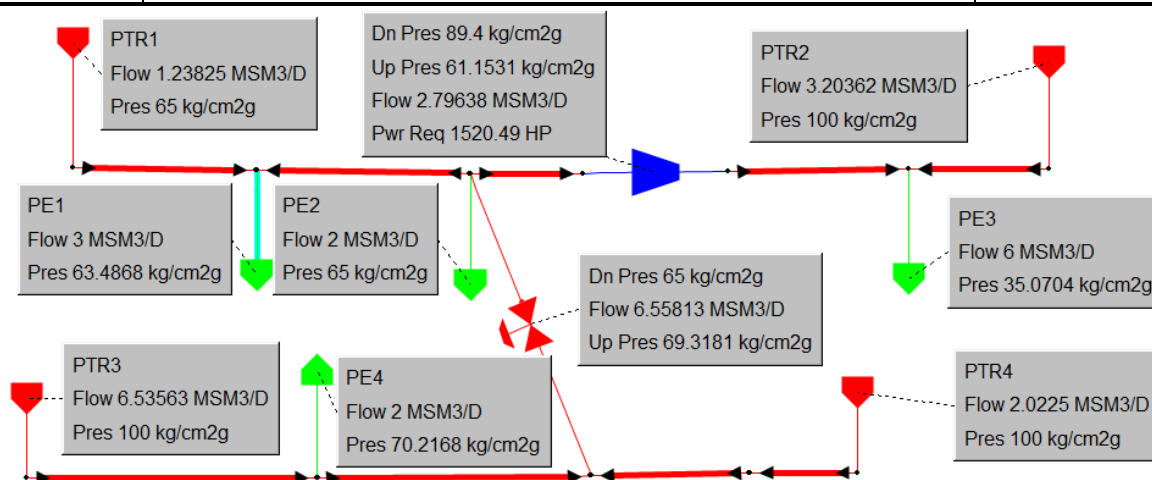


Figura 12: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1

- Passo 4) Eleva-se a vazão do PE2 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 13. Observa-se que a alteração de vazão do PE2 alterou a condição operacional do PE4, que está localizado no trecho a montante da controladora;
- Passo 5) Eleva-se a vazão do PE3 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 14. Observa-se que a alteração de vazão do PE3 alterou a condição operacional do PE4, que está localizado no trecho a montante da controladora;
- Passo 6) Eleva-se a vazão do PE4 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 14. Observa-se que para atender a esse aumento de vazão foi necessário ajustar a pressão de descarga do compressor para o limite máximo do duto, que é 100kgf/cm². Além disso, essa alteração mudou a condição operacional do PE4, que está localizado no trecho a montante da controladora;

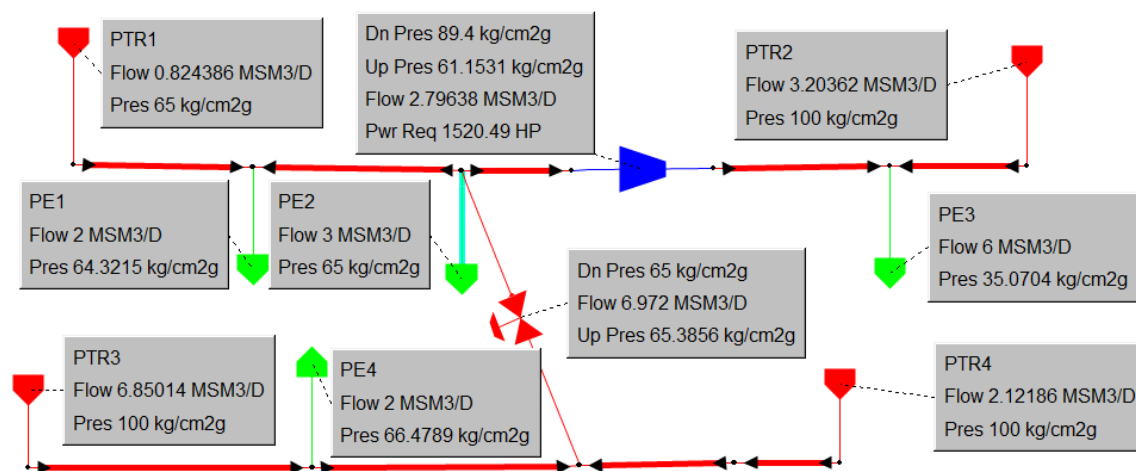


Figura 13: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE2

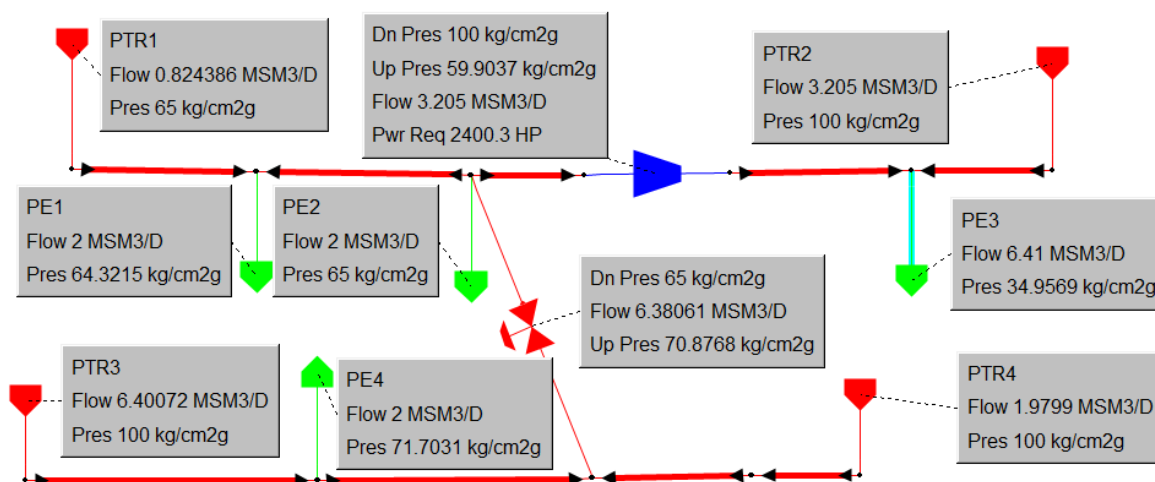


Figura 14: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE3

- Passo 7) Eleva-se a vazão do PE4 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 15. Observa-se que a alteração de vazão do PE4 não alterou a condição operacional dos PE1, PE2 e PE3 localizados a jusante de estação de redução de pressão, uma vez que essa está regulando, mantendo a pressão de descarga igual a 65kgf/cm².

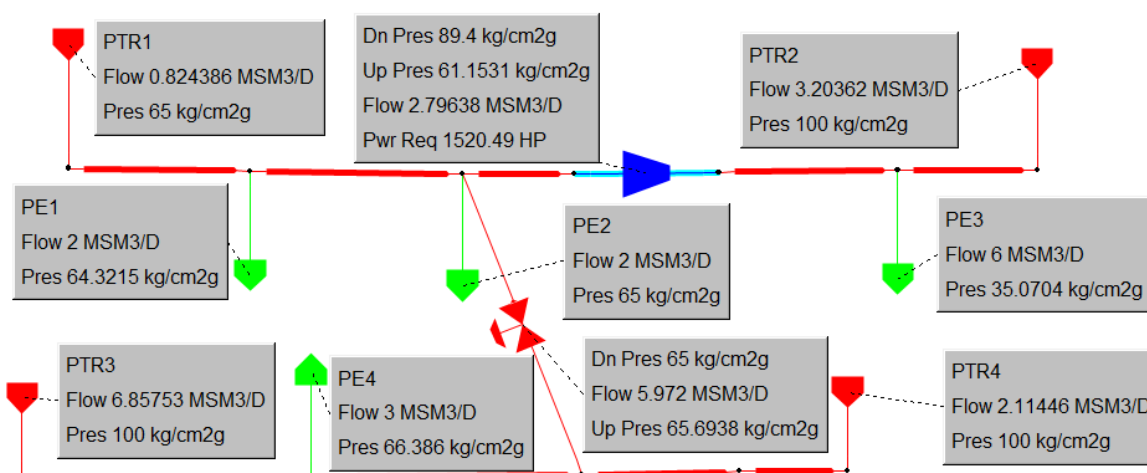


Figura 15: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE4

O resultado consolidado está apresentado na Tabela 7.



Tabela 7: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	35	3,0	2,0	3,00	1,00
PE2	35	3,0	2,0	3,00	1,00
PE3	35	8,0	6,0	6,41	0,41
PE4	35	3,0	2,0	3,00	1,00

* Valores obtidos por simulação termohidráulica

** Valores calculados de forma não cumulativa

Assim, de maneira geral, não é possível segmentar uma rede numa ERP ou numa ECOMP. Porém, situações especiais podem ser analisadas segmentadas, caso, por exemplo, o interesse fosse analisar a situação somente a jusante de ERP. Nesse caso, toda a rede a montante poderia ser substituída por um PTR com pressão constante igual a 65kgf/cm².

6.4 Exemplo 4

Esse exemplo utiliza a configuração do Exemplo 3, porém considera que a válvula reguladora de pressão define a fronteira entre dois transportadores distintos, conforme apresentado na Figura 16.

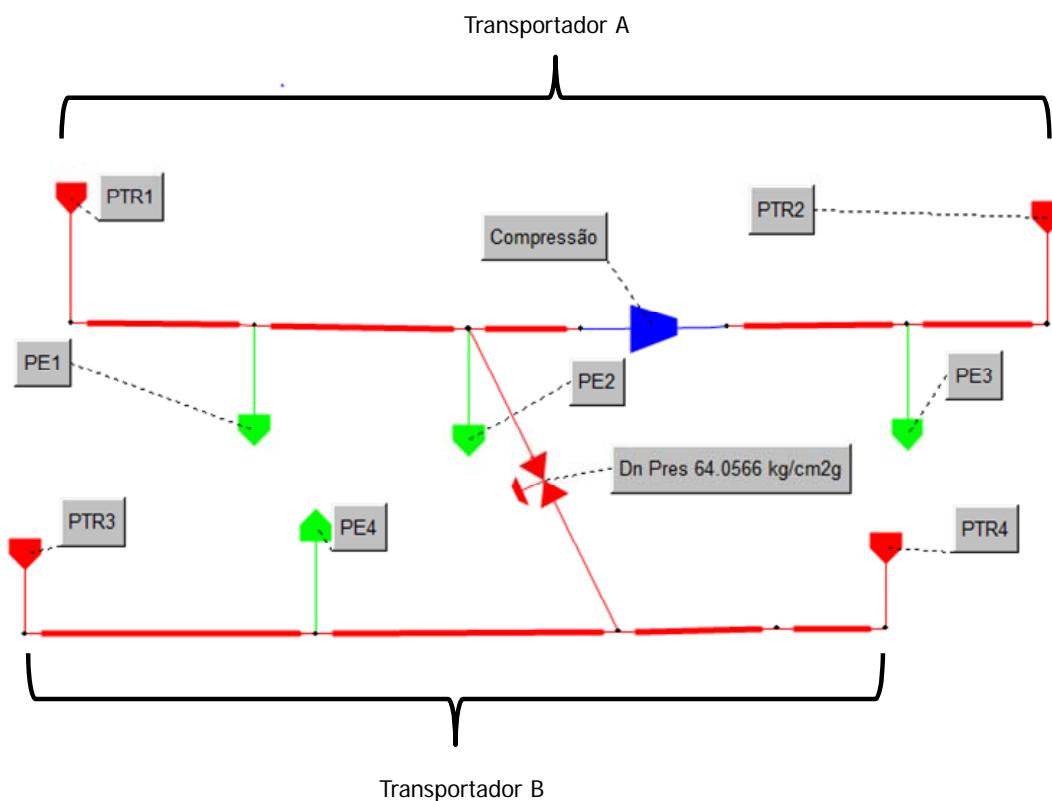


Figura 16: Configuração com dois transportadores



Considera-se ainda que exista um contrato de transporte entre eles, nas condições apresentadas na Tabela 12.

Tabela 8: Condições do acordo de transporte

Fluxo	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Vazão Máxima (10 ⁶ m ³ /d)	Pressão máxima (kgf/cm ²)
Transportador B para Transportador A	60	6,0	65,0

Seguindo o procedimento de cálculo, a situação para o PTE1, ao se elevar a vazão do valor contratado até o limite de projeto do PTE, ou até que outro limite seja violado, está apresentada na Figura 17.

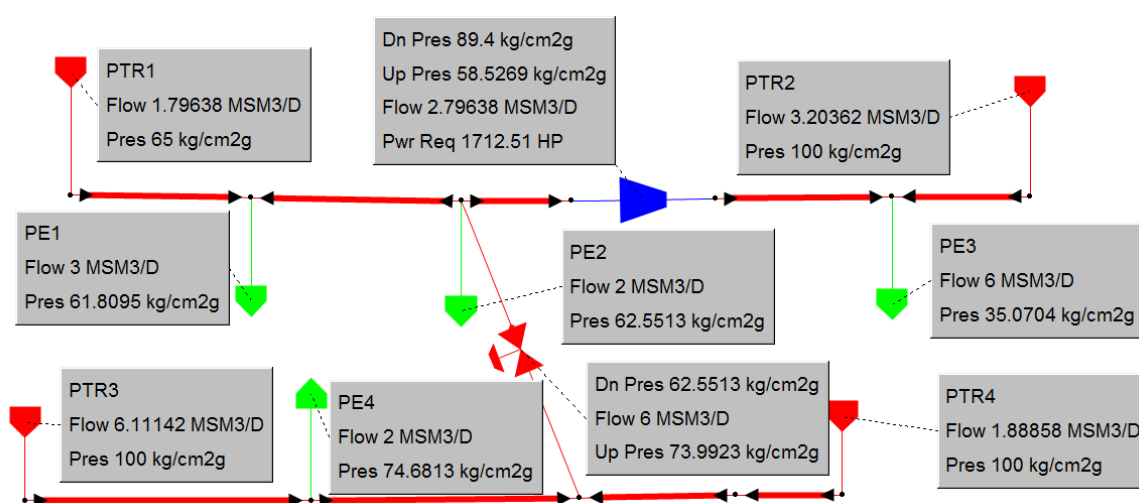


Figura 17: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1

A continuação do procedimento para o PTE2 está apresentada na Figura 18. Para o PTE3 e PTE4 os resultados estão apresentados na Figura 19 e na Figura 20. O resultado consolidado está apresentado na Tabela 9 e na Tabela 10.

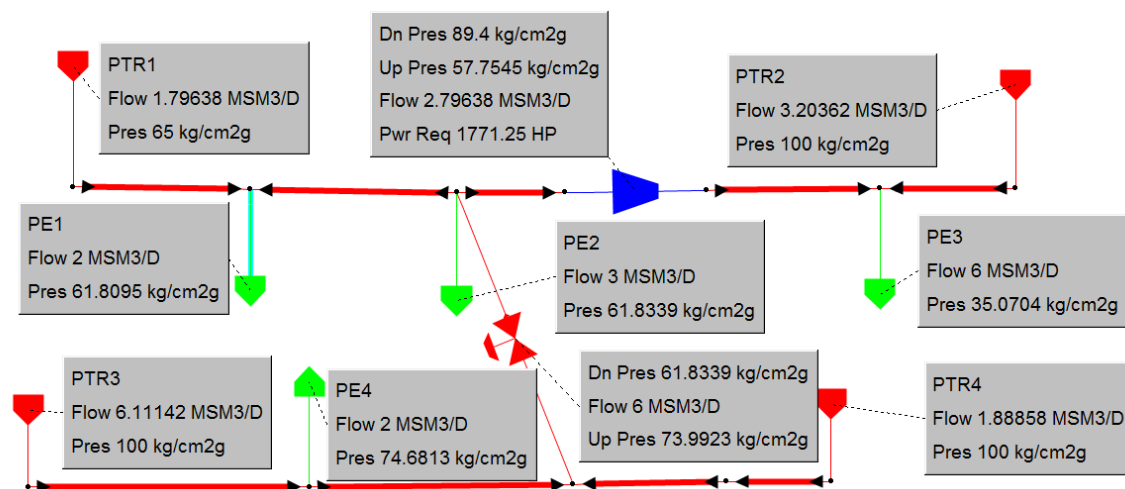


Figura 18: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE2

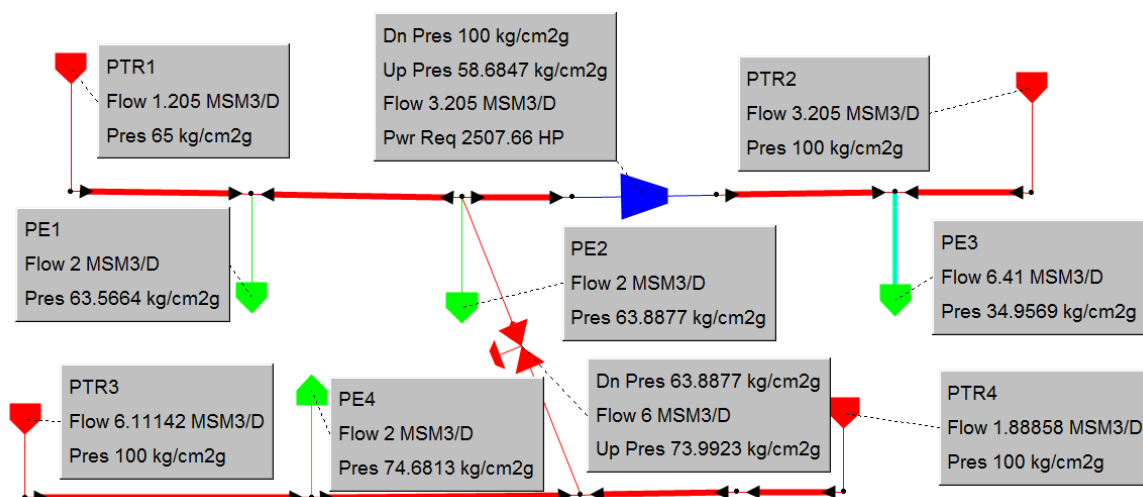


Figura 19: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE3

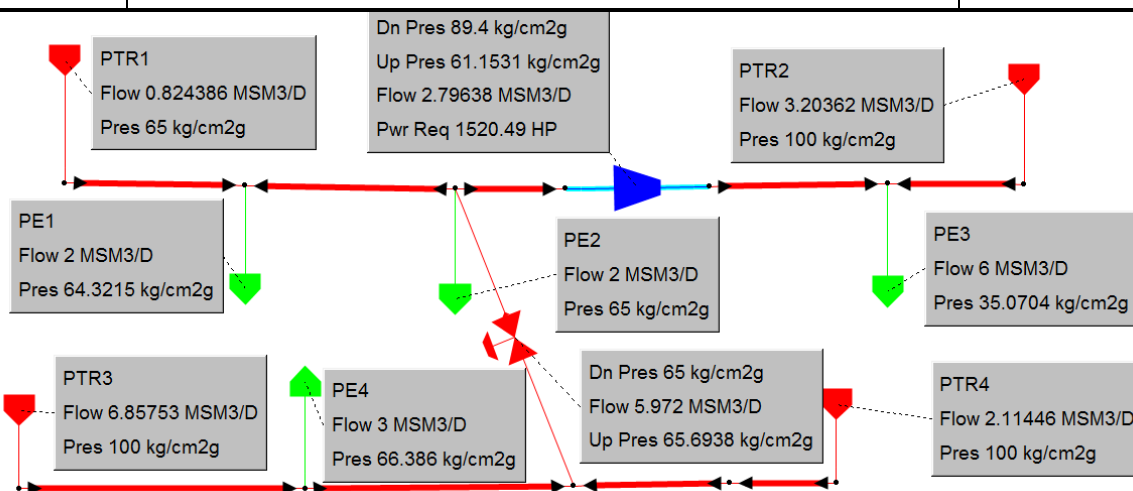


Figura 20: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE4

Tabela 9: Capacidades dos PTEs para o Transportador A

PTE	Pressão mínima (kgf/cm²)	Limite de projeto (10 ⁶ m³/d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m³/d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m³/d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m³/d)**
PE1	35	3,0	2,0	3,00	1,00
PE2	35	3,0	2,0	2,75	0,75
PE3	35	8,0	6,0	6,41	0,41

Tabela 10: Capacidades dos PTEs para o Transportador B

PTE	Pressão mínima (kgf/cm²)	Limite de projeto (10 ⁶ m³/d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m³/d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m³/d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m³/d)**
PE4	35	3,0	2,0	3,00	1,00

Comparando a Tabela 7 com a Tabela 9 e a Tabela 10 verifica-se que as capacidades disponíveis nos PTEs não foram alteradas. Por outro lado, a origem do gás para atender essas novas condições foi alterada. Isso é observado comparando as vazões nos PTRs nos dois exemplos, além da vazão que passa pela controladora, representando o gás que é recebido pelo Transportador A do Transportador B, conforme apresentado na Tabela 11.



Tabela 11: Vazão na controladora para os Exemplos 3 e 4

PTE	Exemplo 3 (10 ⁶ m ³ /d)	Exemplo 4 (10 ⁶ m ³ /d)
Contrato	5,972	5,972
PE1	6,558	6,000
PE2	6,972	6,000
PE3	6,381	6,000
PE4	5,972	5,972

6.5 Exemplo 5

Esse exemplo tem por finalidade apresentar uma situação na qual existem valores de capacidade contratada nos pontos de entrega e nos pontos de recebimento para um primeiro carregador. Deseja demonstrar que a entrada de um segundo não interfere na metodologia de cálculo apresentada.

Para esse exemplo será utilizada a configuração de uma rede como apresentada na Figura 21. A Tabela 12 apresenta os valores de vazão contratados nos PTEs e a Tabela 13 apresenta os valores de vazão contratados nos PTRs. A PMOA do gasoduto é 100kgf/cm².

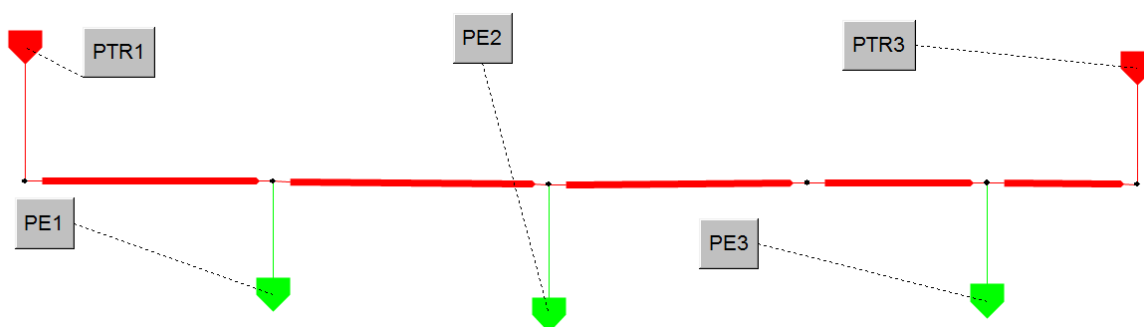


Figura 21: Configuração da rede para o Exemplo 4

Tabela 12: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)
PE1	35	7,0	2,0
PE2	35	6,0	1,0
PE3	35	8,0	4,0



Tabela 13: Capacidades dos PTRs

PTR	Pressão máxima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTR (10 ⁶ m ³ /d)
PTR1	100	6,0	3,5109
PTR2	100	6,0	3,4891

Para o cálculo da Capacidade de Transporte nos PTEs, a partir de um PTR de um novo carregador localizado junto ao PTR3, executam-se os seguintes passos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas em um PTR e a vazão contratada no outro;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição. O resultado está apresentado na Figura 22;

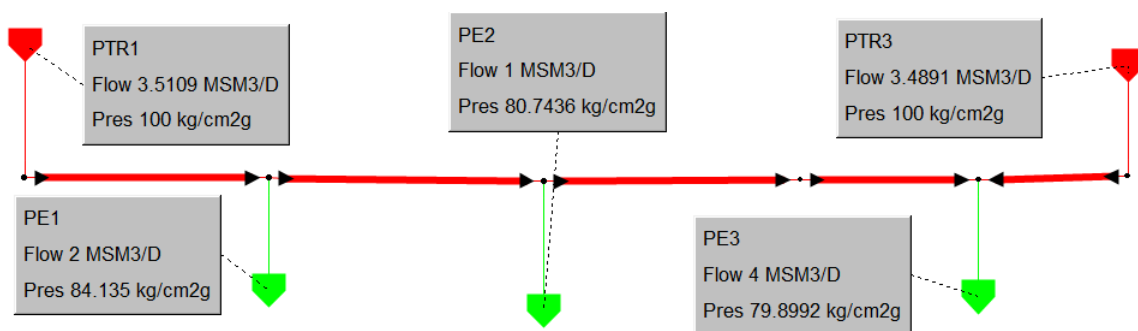


Figura 22: Resultado da capacidade contratada

- Passo 3) Modela-se um novo PTRs junto ao PTR3, ajustado para trabalhar com pressão máxima;
- Passo 4) Eleva-se a vazão do PE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 23. Observa-se que a alteração de vazão do PE1 alterou a condição operacional de pressão do PTR1, mas os valores de vazão contratados do primeiro carregador nos seus PTRs foram mantidos;

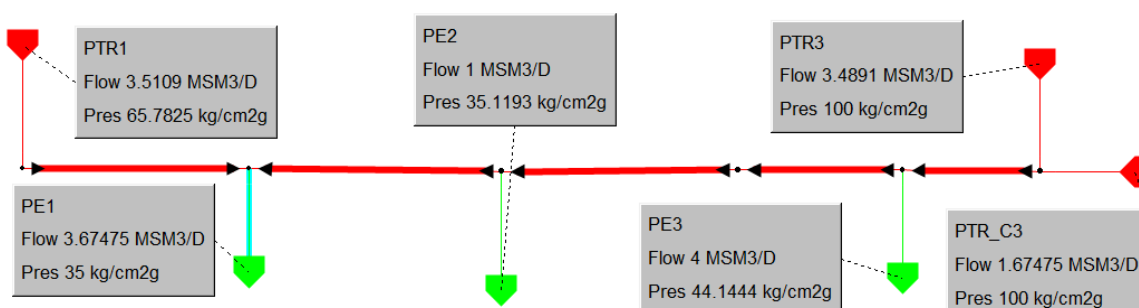


Figura 23: Resultado da capacidade de transporte do PE1



- Passo 5) Eleva-se a vazão do PE2 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 24. Observa-se que a alteração de vazão do PE2 também alterou a condição operacional de pressão do PTR1, mas os valores de vazão contratados do primeiro carregados nos seus PTRs foram mantidos;

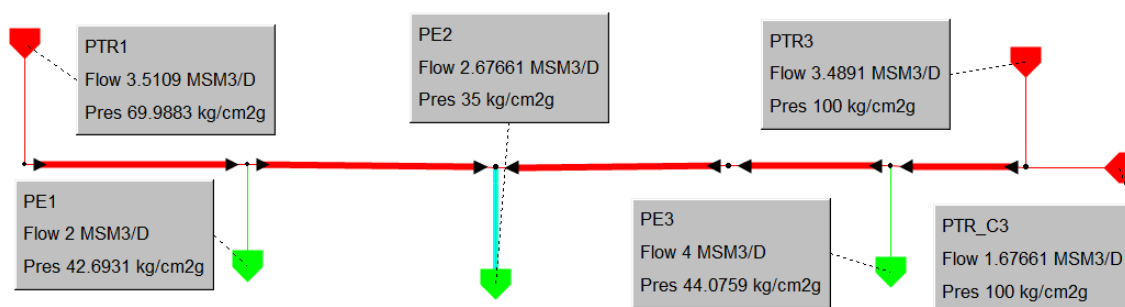


Figura 24: Resultado da capacidade de transporte do PE2

- Passo 6) Eleva-se a vazão do PE3 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 25;

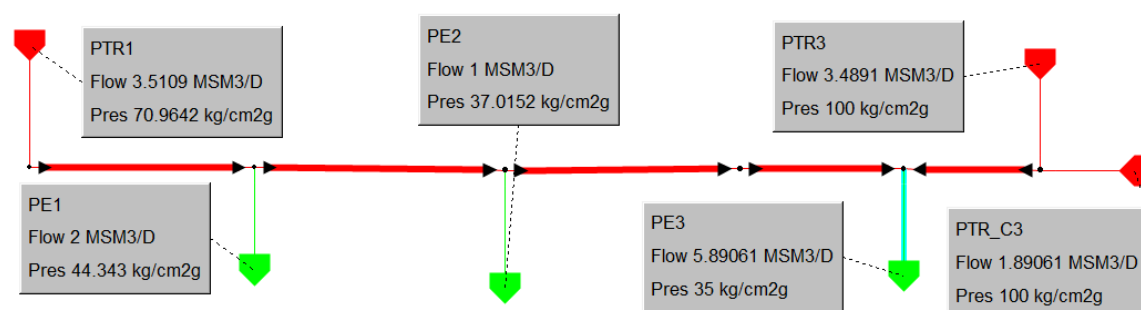


Figura 25: Resultado da capacidade de transporte do PE3

O resultado consolidado está apresentado na Tabela 14.

Tabela 14: Capacidades dos PTEs a partir de um PTR localizado junto ao PTR3

PTE	Pressão mínima (kgf/cm²)	Limite de projeto (10 ⁶ m³/d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m³/d)*	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m³/d)**	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m³/d)***
PE1	35	7,0	2,0	3,674	1,674
PE2	35	6,0	1,0	2,677	1,677
PE3	35	8,0	4,0	5,890	1,890

* Capacidade contratada para o primeiro carregador

** Capacidade de transporte não cumulativa

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 33 de 43

TÍTULO: Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

*** Capacidade disponível para um segundo carregador no novo PTR, não cumulativa

Se esse procedimento fosse repetido para um novo PTR, agora localizado junto ao PTR1, teríamos como resultado os valores apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Capacidades dos PTEs a partir de um PTR localizado junto ao PTR1

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)**	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)***
PE1	35	6,0	2,0	4,506	2,506
PE2	35	6,0	1,0	2,618	1,618
PE3	35	8,0	4,0	5,226	1,226

* Capacidade contratada para o primeiro carregador

** Capacidade de transporte não cumulativa

*** Capacidade disponível para um segundo carregador no novo PTR, não cumulativa

Caso o procedimento fosse executado sem considerar os limites de vazão contratados nos PTRs, mas colocando os limites de 100kgf/cm² (limite de pressão), para o PE1, teríamos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas nos PTRs;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição;
- Passo 3) Eleva-se a vazão do PE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. A Figura 26 apresenta esse resultado. Observa-se que o acréscimo de vazão vem tanto do PTR1 como do PTR2;

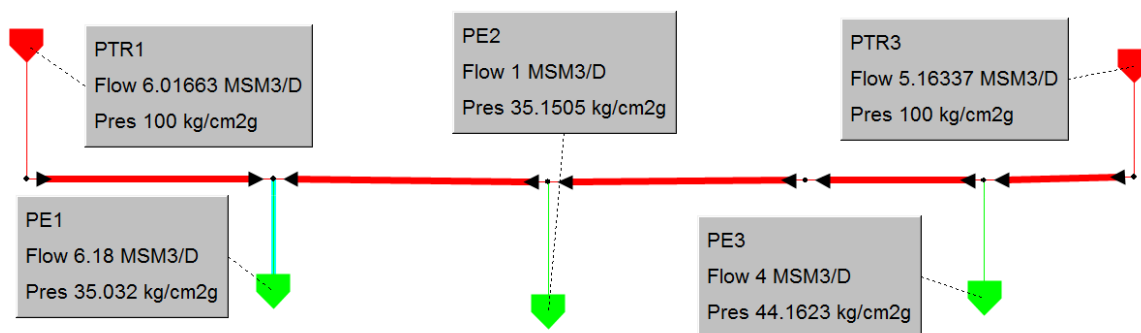


Figura 26: Resultado da capacidade de transporte do PE1

Fazendo a diferença entre o valor de vazão apresentado na Figura 26 para o PTR1 igual a 6,0166 10⁶ m³/d, com o valor contratado para o primeiro carregador para esse PTR, igual a 3,5109 10⁶ m³/d (Tabela 13) tem-se 2,5057 10⁶ m³/d, que é o valor apresentado na Tabela 15 e



obtido pelo procedimento com os PTRs isolados. Dessa forma, o procedimento geral, ajustando os PTRs para trabalhar com pressão máxima, fornece os mesmos resultados que o procedimento quando são ajustadas as vazões contratadas nos PTRs. Porém, para efeitos de clareza do modelo de cálculo, sempre que houver valores contratados nos PTRs, sugere-se que esses sejam utilizados, e novos PTRs sejam colocados no modelo com limite de pressão.

6.6 Exemplo 6

Esse exemplo tem por finalidade apresentar uma situação na qual existem valores de capacidade contratada nos pontos de entrega e surge uma demanda para o aumento da capacidade contratada de dois pontos de entrega.

Para esse exemplo será utilizada a configuração de uma rede como apresentada na Figura 27. A Tabela 16 apresenta os valores de vazão contratados nos PTEs. A PMOA do gasoduto é 100kgf/cm².

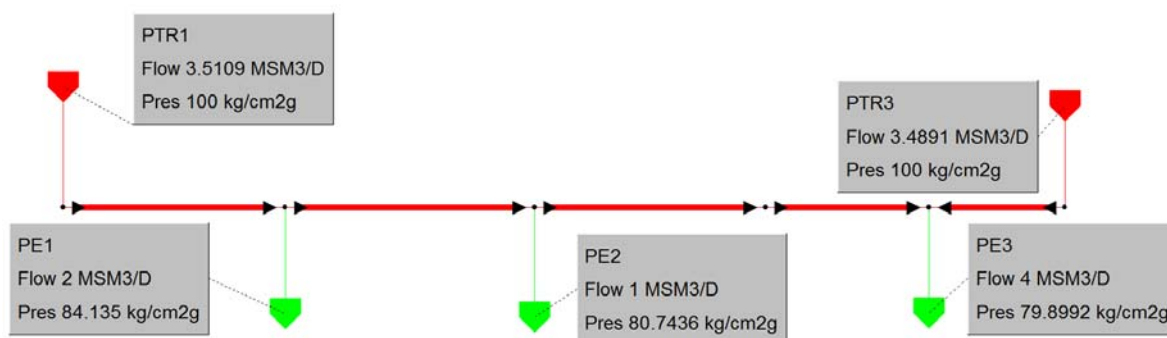


Figura 27: Configuração da rede para o Exemplo 5

Tabela 16: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)
PE1	35	6,0	2,0
PE2	35	6,0	1,0
PE3	35	8,0	4,0

Para o cálculo das capacidades segundo a metodologia proposta, deve-se seguir os seguintes passos:

- Passo 1) Ajusta-se as pressões máximas no PTRs;
- Passo 2) Ajusta-se as vazões contratuais nos PTEs e executa-se o cálculo termo-hidráulico nessa condição.



- Passo 3) Eleva-se a vazão do PTE1 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 28;

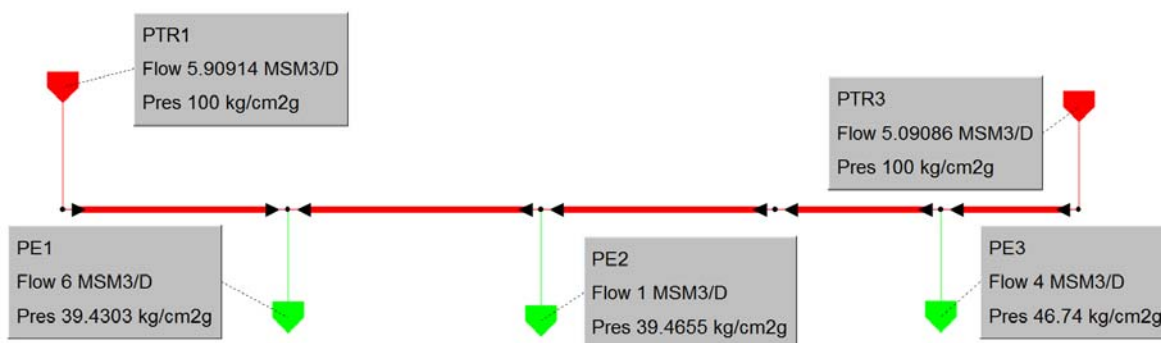


Figura 28: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE1

- Passo 4) Eleva-se a vazão do PE2 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 29;

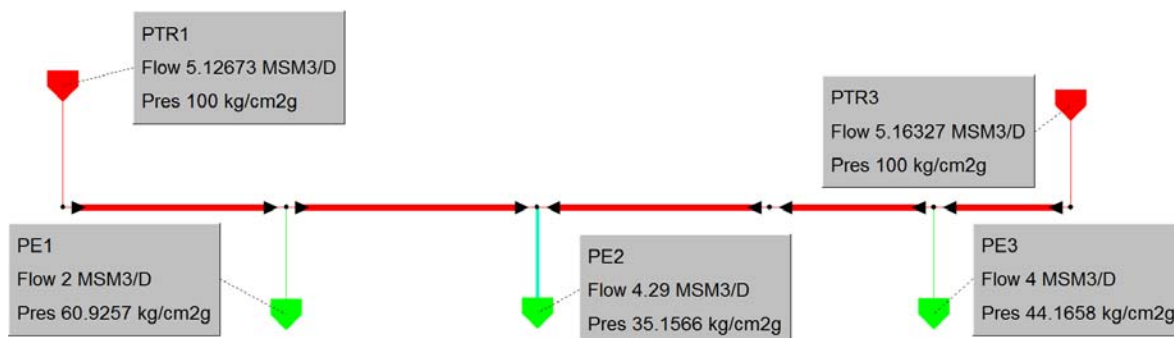


Figura 29: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE2

- Passo 5) Eleva-se a vazão do PE3 até atingir a vazão limite de projeto do PTE ou outro limite contratual. O resultado está apresentado na Figura 10;

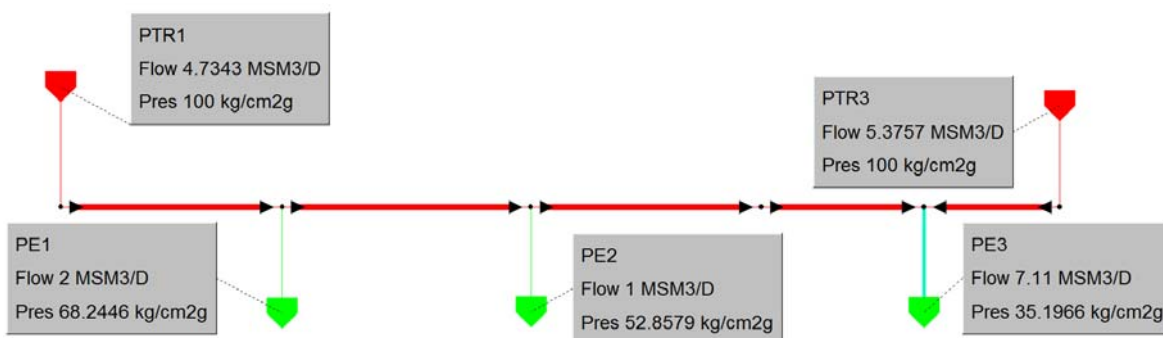


Figura 30: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE3

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 36 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

- Passo 6) Constrói-se a Tabela 17 apresentando os valores de capacidade dos diversos PTEs.

Tabela 17: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	35	6,0	2,0	6,00	4,00
PE2	35	6,0	1,0	4,29	3,29
PE3	35	8,0	4,0	7,11	3,11

* A elevação de vazão é suprida tanto pelo PTR1 quanto pelo PTR3.

** Valores calculados de forma não cumulativa

Observa-se na Tabela 17 que existe capacidade disponível em todos os PTEs para contratação individual. No caso de aumento de vazão em dois PTEs é necessário verificar a possibilidade através da simulação. Por exemplo, deseja-se aumentar a vazão para 3,5 10⁶m³/d no PE1 e 2,3 10⁶m³/d no PE2. Conforme a Figura 31, o aumento de vazão contratada é possível, sem atingir nenhum limite contratual.

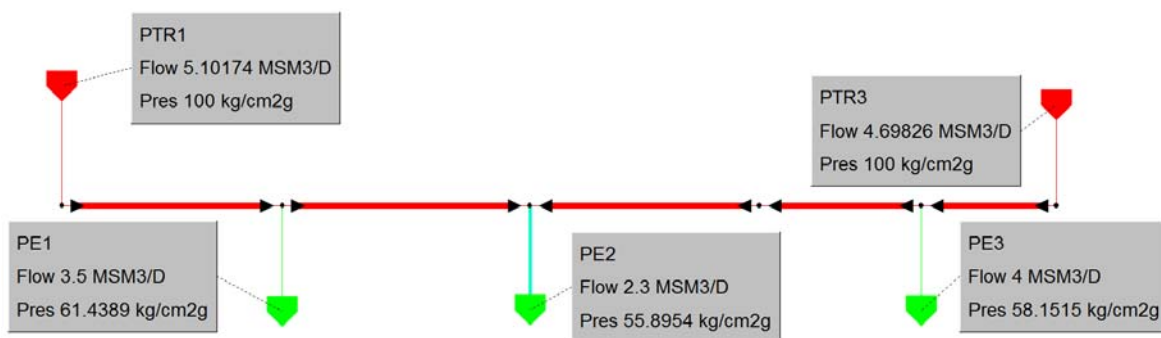


Figura 31: Resultado do aumento de vazão no PE1 e PE2

Após o aumento da vazão nos PTEs é necessário recalcular as novas capacidades disponíveis para cada PTE, repetindo-se o procedimento já apresentado as novas capacidades disponíveis são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	35	6,0	3,5	4,76	1,26
PE2	35	6,0	2,3	3,28	0,98
PE3	35	8,0	4,0	5,19	1,19



* A elevação de vazão é suprida tanto pelo PTR1 quanto pelo PTR3.

** Valores calculados de forma não cumulativa

6.7 Exemplo 7

Esse exemplo tem por finalidade apresentar uma situação na qual existem valores de capacidade contratada nos pontos de entrega e nos pontos de recebimento e surge uma demanda para o aumento da capacidade contratada de dois pontos de entrega simultaneamente, mas o aumento viola alguma condição contratual.

Para esse exemplo será utilizada a configuração do Exemplo 5, onde uma rede como apresentada na Figura 27 possui capacidade contratada (Figura 32), capacidade de transporte e capacidade disponível conforme a Tabela 19, que foi calculada segundo o procedimento de cálculo apresentado no Exemplo 5.

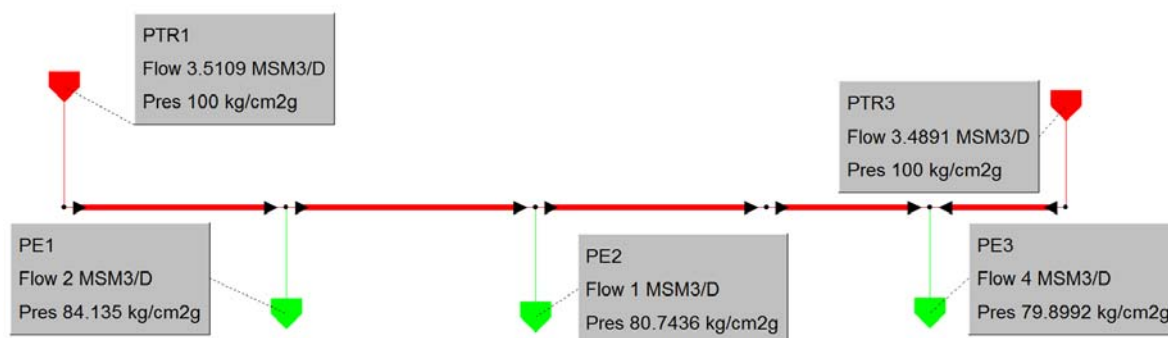


Figura 32: Configuração da rede para o Exemplo 6

Tabela 19: Capacidades dos PTEs

PTE	Pressão mínima (kgf/cm ²)	Limite de projeto (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade contratada PTE (10 ⁶ m ³ /d)	Capacidade transporte PTE (10 ⁶ m ³ /d)*	Capacidade disponível PTE (10 ⁶ m ³ /d)**
PE1	35	6,0	2,0	6,00	4,00
PE2	35	6,0	1,0	4,29	3,29
PE3	35	8,0	4,0	7,11	3,11

* A elevação de vazão é suprida tanto pelo PTR1 quanto pelo PTR3.

** Valores calculados de forma não cumulativa

Observa-se na Tabela 19 que existe capacidade disponível em todos os PTEs para contratação individual. No caso de aumento de vazão em dois PTEs é necessário verificar a possibilidade através da simulação. Por exemplo, deseja-se aumentar a vazão para 4,0



10⁶m³/d no PE1 e 3,0 10⁶m³/d no PE2, simultaneamente. Conforme a Figura 33, o aumento de vazão contratada não é possível, pois viola a pressão mínima contratual.

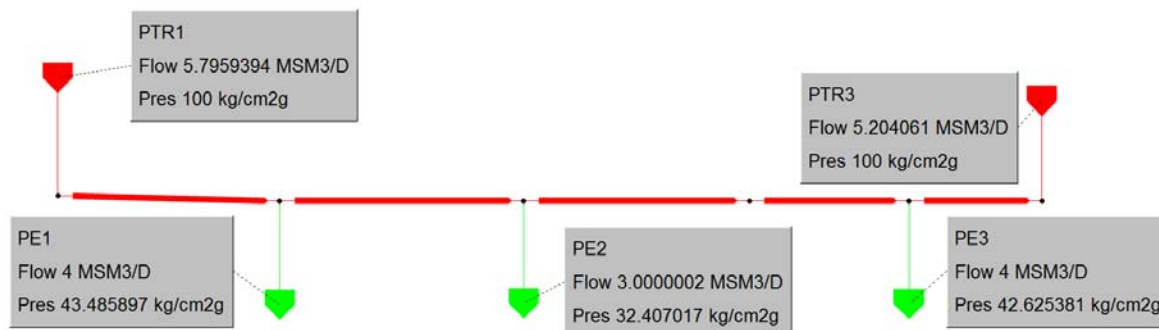


Figura 33: Resultado do aumento de vazão no PE1 e PE2 simultaneamente

A metodologia de cálculo mostra não ser possível o aumento da capacidade contratada nos dois pontos de entrega simultaneamente, cabendo a ANP estabelecer regras para priorizar as demandas solicitadas.

6.8 Exemplo 8

Esse exemplo apresentará a aplicação do procedimento para o cálculo de capacidade ociosa. Para tal, será utilizada a configuração da rede apresentada no Exemplo 1, Figura 3. Porém, complementando as informações da Tabela 1, a Tabela 20 apresenta a vazão programada nos PTEs no período de um mês. A Figura 34, a Figura 35 e a Figura 36 apresentam esse comportamento, bem como a vazão contratada de cada PTE.

Observando essas figuras, verifica-se que o PE1 não apresenta um padrão definido de variação. No caso do PE2, observa-se um consumo constante, tipicamente caracterizado por um único grande consumidor, possivelmente associado a geração térmica. No caso do PE3, verifica-se um comportamento tipicamente associado ao consumo residencial ou industrial, com redução de demanda nos fins de semana.

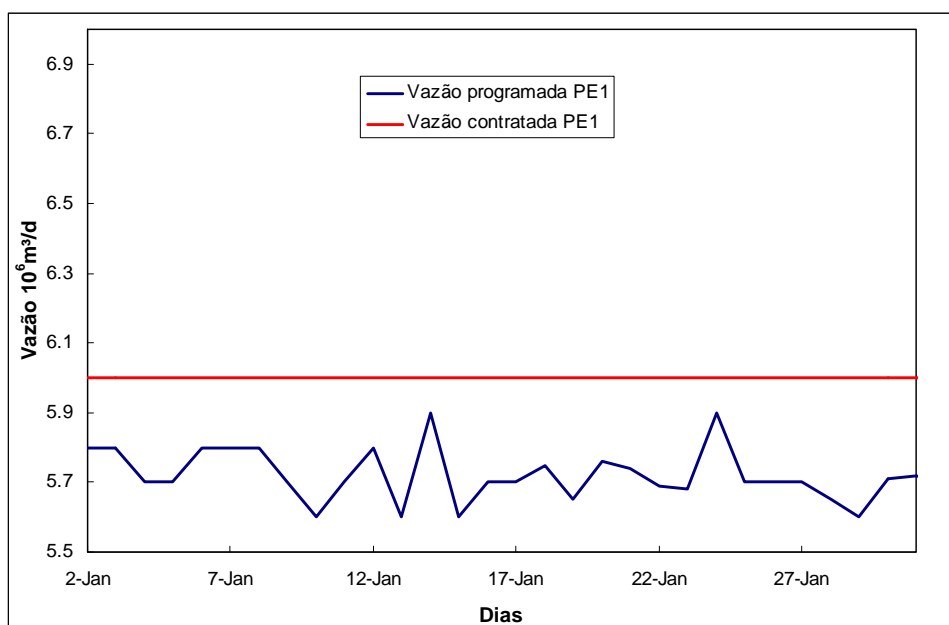
**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS****FOLHA** 39 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

-

-

Tabela 20: Capacidades programada dos PTEs

	PE1	PE2	PE3
Data	Programada	Programada	Programada
2-Jan	5.8	7.1	6.2
3-Jan	5.8	7.1	6.3
4-Jan	5.7	7.1	6.2
5-Jan	5.7	7.1	6.1
6-Jan	5.8	7.1	6.2
7-Jan	5.8	7.1	5.1
8-Jan	5.8	7.1	4.9
9-Jan	5.7	7.1	6.3
10-Jan	5.6	7.1	6.2
11-Jan	5.7	7.1	6.2
12-Jan	5.8	7.1	6.1
13-Jan	5.6	7.1	6.4
14-Jan	5.9	7.1	5
15-Jan	5.6	7.1	4.9
16-Jan	5.7	7.1	6.2
17-Jan	5.7	7.1	6.3
18-Jan	5.75	7.1	6.2
19-Jan	5.65	7.1	6.3
20-Jan	5.76	7.1	6.3
21-Jan	5.74	7.1	5
22-Jan	5.69	7.1	5
23-Jan	5.68	7.1	6.2
24-Jan	5.9	7.1	6.3
25-Jan	5.7	7.1	6.2
26-Jan	5.7	7.1	6.3
27-Jan	5.7	7.1	6.3
28-Jan	5.65	7.1	4.9
29-Jan	5.6	7.1	5
30-Jan	5.71	7.1	6.3
31-Jan	5.72	7.1	6.2
1-Feb	5.7	7.1	6.2

**Figura 34: Capacidade programada no PTE1**

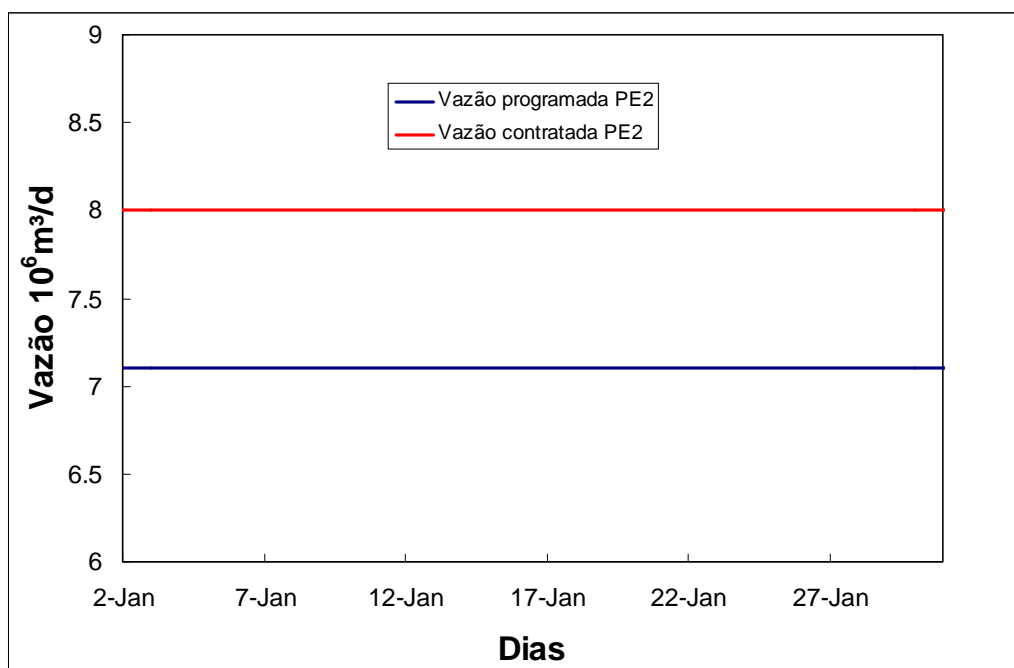


Figura 35: Capacidade programada no PE2

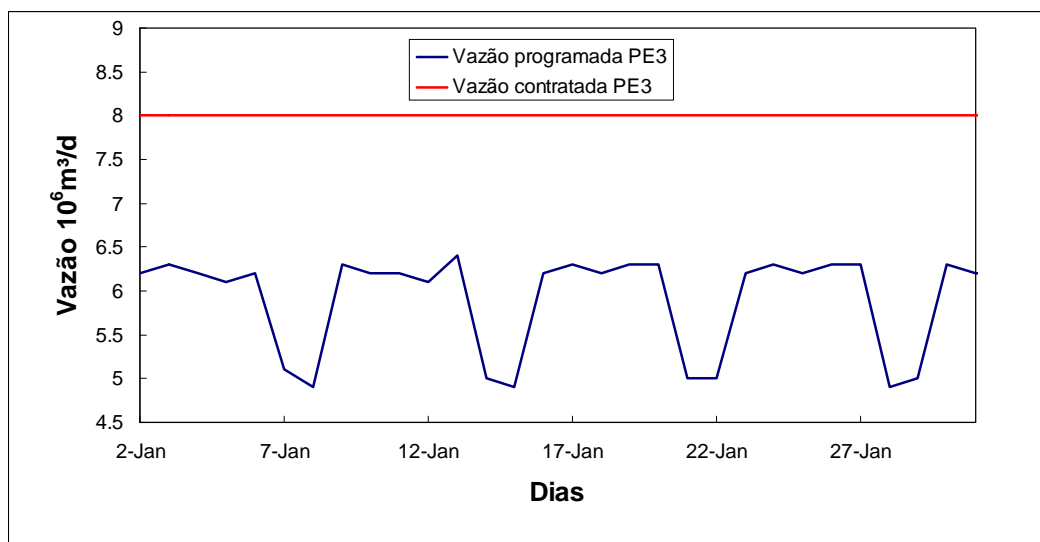


Figura 36: Capacidade realizada no PE3

A Tabela 21 apresenta os valores de capacidade ociosa calculados para o período, baseados na diferença entre a capacidade contratada e a programada.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA**
41 de 43**TÍTULO:**
Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado-
-**Tabela 21: Capacidade ociosa dos PTEs**

Data	PE1			PE2			PE3		
	Programada	Contratada	Ociosa	Programada	Contratada	Ociosa	Programada	Contratada	Ociosa
2-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
3-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
4-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
5-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.1	8.0	1.9
6-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
7-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	5.1	8.0	2.9
8-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	4.9	8.0	3.1
9-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
10-Jan	5.6	6.0	0.400	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
11-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
12-Jan	5.8	6.0	0.200	7.1	8.0	0.9	6.1	8.0	1.9
13-Jan	5.6	6.0	0.400	7.1	8.0	0.9	6.4	8.0	1.6
14-Jan	5.9	6.0	0.100	7.1	8.0	0.9	5	8.0	3.0
15-Jan	5.6	6.0	0.400	7.1	8.0	0.9	4.9	8.0	3.1
16-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
17-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
18-Jan	5.75	6.0	0.250	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
19-Jan	5.65	6.0	0.350	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
20-Jan	5.76	6.0	0.240	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
21-Jan	5.74	6.0	0.260	7.1	8.0	0.9	5	8.0	3.0
22-Jan	5.69	6.0	0.310	7.1	8.0	0.9	5	8.0	3.0
23-Jan	5.68	6.0	0.320	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
24-Jan	5.9	6.0	0.100	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
25-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
26-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
27-Jan	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
28-Jan	5.65	6.0	0.350	7.1	8.0	0.9	4.9	8.0	3.1
29-Jan	5.6	6.0	0.400	7.1	8.0	0.9	5	8.0	3.0
30-Jan	5.71	6.0	0.290	7.1	8.0	0.9	6.3	8.0	1.7
31-Jan	5.72	6.0	0.280	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8
1-Feb	5.7	6.0	0.300	7.1	8.0	0.9	6.2	8.0	1.8

Os valores apresentados na Tabela 21 são cumulativos e são validados através de simulação termo-hidráulica.

7 INDICADORES DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE DISPONÍVEL

O perfil de pressão ao longo do gasoduto e, especificamente, nos PTEs e compressores, é um grande indicador da situação operacional do sistema em relação à capacidade disponível. Em relação ao Exemplo 1, utilizando o procedimento proposto, após os passos 1 e 2 tem-se a situação contratada, apresentada na Figura 4. Verifica-se que as pressões nos diversos pontos de entrega estão superiores a mínima contratual. Assim, observa-se que a rede poderia operar com vazões maiores que as atuais, indicando a existência de capacidade disponível, conforme verificado na Tabela 2.

Outros indicadores podem ser criados e serão apresentados em relatório específico sobre o assunto.

Pode-se ressaltar o caso em que a não existência de capacidade disponível é decorrente da vazão contratada já estar no limite de vazão de projeto do PTE, mas as pressões nesses pontos encontram-se acima dos valores mínimos. Como exemplo, caso o PE2 não



apresentasse limite de vazão, essa poderia ser elevada de $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ a $8,752 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, mantendo as limitações contratuais de 50 kgf/cm^2 , conforme apresentado na Figura 37

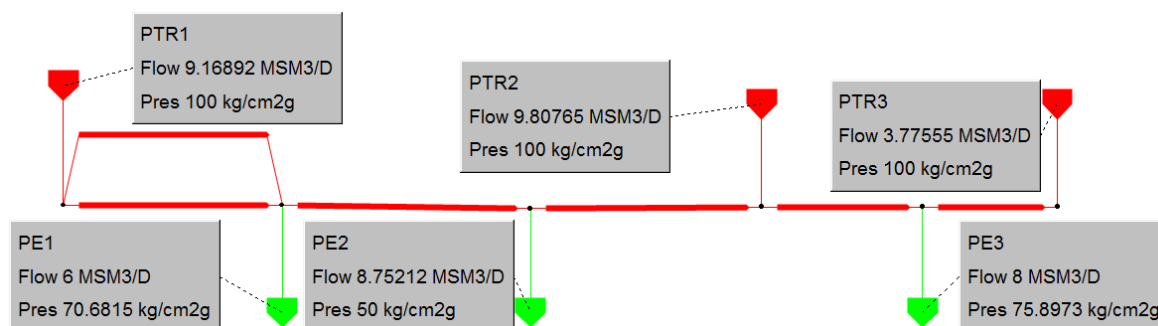


Figura 37: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE2 sem limite de vazão

E para o PE3, a mesma análise levaria a situação apresentada na Figura 38, com a capacidade de transporte desse PTE sendo elevada de $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ para $10,574 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$, mantendo as limitações contratuais de 50 kgf/cm^2 .

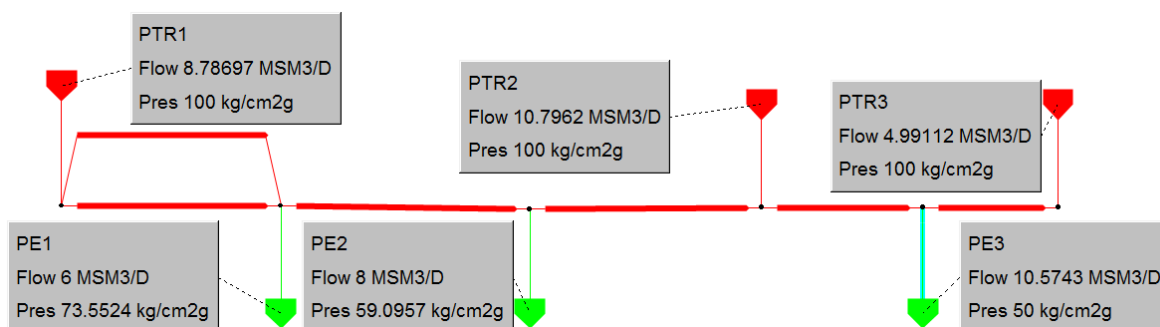


Figura 38: Resultado do cálculo de capacidade de transporte no PE3 sem limite de vazão

Observa-se assim que o sistema tem um **potencial** para disponibilizar mais capacidade que, devido a limitações físicas dos PTEs, não pode ser obtida.

Essa situação configura uma congestão física pelo limite de projeto de vazão desse PTE. De forma geral essa situação pode ser definida quando todos os PTEs estejam operando com as vazões contratuais e em um PTE esta vazão seja igual ao limite de projeto e ainda seja possível elevar a vazão desse PTE acima do limite de vazão de projeto, sem violar quaisquer condições contratuais. Esta situação pode ser decorrente de alterações operacionais durante a vida do gasoduto ou de alguma condição específica de projeto.

Assim, a informação das pressões nos pontos de entrega, numa condição operacional que atenda os valores contratados e a indicação da vazão máxima em cada PTE, não se limitando a vazão de projeto, são dois indicadores da disponibilidade operacional do sistema.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-004**REV. **A****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 43 de 43**TÍTULO:** Caracterização do Conceito de Capacidade de Transporte de Gasodutos – Resultado Consolidado

-

-

8 PRÓXIMAS ATIVIDADES.

Pontos a serem observados na continuação do trabalho:

- a) Definição de critérios para segmentação de uma rede de gasodutos, com o objetivo de simplificar a aplicação da metodologia proposta.
- b) Realização de análise de sensibilidade para os parâmetros adotados na modelagem do gasoduto.
- c) Avaliação de capacidade em situações onde estejam estabelecidos contratualmente perfis variáveis de volumes movimentados nos pontos de entrega.
- d) Incorporar à análise os valores estratégicos normalmente necessários para garantir a confiabilidade do sistema no caso manutenção programada ou de contingências.
- e) Realizar um estudo de caso do “ciclo completo” envolvendo o acesso de um terceiro em um gasoduto: simulação de projeto + simulação “antes (identificando capacidade disponível) + simulação “depois” (contemplando alterações físicas na instalação, seja com ampliação de capacidade do segmento, ou não, implementadas para que o terceiro acesse a capacidade disponível).